5
4
310
BIBLIOTECA NAZIONALE
CENTRALE - FIRENZE

5.4.

Digitized by Google

5.4.310

Digitized by Google

ÉCLAIRCISSEMENS

SUR

L'INVENTION, LA THÉORIE, LA CONSTRUCTION, ET LES ÉPREUVES DES NOUVELLES MACHINES PROPOSÉES EN FRANCE, POUR LA DÉTERMINATION DES LONGITUDES EN MER PAR LA MESURE DU TEMPS.

Servant de Suite à l'*Eſſai ſur l'Horlogerie* & au *Traité des Horloges Marines*,

ET DE RÉPONSE à un Ecrit qui a pour titre:

PRÉCIS des Recherches faites en France pour la détermination des Longitudes en Mer par la Meſure artificielle du Temps,
Et de Réponse à la Suite de la même Précis

Par M. FERDINAND BERTHOUD, Horloger Méchanicien du Roi & de la Marine, ayant l'inſpection de la conſtruction des Horloges Marines, & Membre de la Société Royale de Londres.

Semper ego auditor tantùm? Nunquamne reponam,
Vexatus toties? Juven.

A PARIS,
Chez J. B. G. MUSIER fils, Libraire, Quai des Auguſtins, à S. Etienne.

M. DCC. LXXIII.

1559

TABLE
DES MATIERES
CONTENUES DANS CET OUVRAGE.

AVANT-PROPOS, *Page* 3
Diviſion de ces *Eclairciſſemens* en trois Articles. 4 & 5
De quelques imputations répandues dans le premier Article du *Précis*. 6
Des Prix accordés à l'Auteur du Précis. 11

ARTICLE PREMIER.

De l'ancienneté de mes Recherches pour la détermination des Longitudes en mer par les Horloges Marines : elles ſont antérieures en tous points à celles de M. L. R. 14
PREMIERE EPOQUE. *Antériorité de Projet.* Ibid.
II. EPOQUE. *Antériorité d'exécution.* 20
Singuliere déclaration de M. L. R. 24
III. EPOQUE. *Antériorité d'Epreuve.* Ibid.

ART. II.

Des prétentions mal-fondées de M. L. R. concernant l'invention des différentes parties qui conſtituent une Horloge Marine. 27

SECTION PREMIERE.

Je n'ai pas pu copier M. L. R. 29
L'Horloge Marine N°. 8, quant aux principes & aux parties conſtitutives, ne differe pas de l'Horloge N°. 1, ou des deux autres, décrites & publiées en 1763. dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie.* 30
Je n'ai jamais varié dans les principes 31
Je n'ai jamais varié dans la diſpoſition des parties conſtitutives d'une Horloge Marine. 34.
Du Régulateur. *Page* 34.
Des Rouleaux. 35
Du Moteur. 36
De l'Echappement. 37
Du Méchaniſme de compenſation. 38
Du Rouage. 39
De la Suſpenſion. 40
Je n'ai pas pu connoître la Montre de M. L. R. quand j'exécutai mon Horloge N°. 8. 40
De l'Iſochroniſme par le Reſſort ſpiral. 43
J'avois annoncé dans mon *Eſſai* les expériences qui m'ont conduit à la découverte de *l'Iſochroniſme par le ſpiral.* 44
Pourquoi je n'en avois pas fait uſage quand je publiai mon *Eſſai.* Ibid.
J'avois dépoſé à l'Académie ma Théorie ſur *l'Iſochroniſme par le ſpiral*, avant que M. L. R. publiât ſon *Expoſé ſuccinct.* 45
M. L. R. n'a point divulgué ſa découverte de *l'Iſochroniſme par le ſpiral* dans ſon *Expoſé ſuccinct.* Ibid.
Je n'ai pas pu connoître la découverte de M. L. R. (ſur le Spiral) quand j'ai dépoſé la mienne. 46
Ma Théorie n'eſt pas inintelligible comme le prétend M. L. R. *Ibid.*
Examen de la Théorie de M. L. R. ſur *l'Iſochroniſme par le Reſſort ſpiral.* 48
Nouvelle preuve que je n'ai pas pu copier M. L. R. en cherchant l'Iſochroniſme par le ſpiral. 49
La Théorie de M. L. R. ſur le ſpiral differe eſſentiellement de la mienne. *Ibid.*
Différence dans le principe fondamental. *Les grands Arcs de vibration ſont naturellement plus prompts que les petits.* 50
L'Iſochroniſme du ſpiral ne dépend pas ſeu-

Digitized by Google

lement de la longueur, mais plus particuliérement de la figure & du nombre de tours ſerrés du reſſort. *Page* 51
L'Iſochroniſme du ſpiral eſt une qualité moins eſſentielle, que la propriété de conſerver ſa force & ſa figure ſans altération, *Ibid.*
On ne peut fixer la figure du ſpiral, rendre ſa force élaſtique la plus grande poſſible, & la rendre conſtante, qu'en trempant le Reſſort *tout plié.* 52
L'Iſochroniſme du ſpiral peut être conſidéré comme incompatible avec la néceſſité de le tremper tout plié. 53
Un Spiral, dont la force & la figure ſont conſtantes, mais qui n'eſt pas iſochrone, eſt préférable à un ſpiral qui ne ſeroit qu'iſochrone, & dont la force & la figure peuvent changer. *Ibid.*
Concluſion ſur le Reſſort ſpiral. 55
Nouvelle méthode que j'ai dépoſée à l'Académie, le 4 Septembre 1773, pour rendre les oſcillations iſochrones, quelle que ſoit la longueur du ſpiral. 56
Seconde concluſion pour mes Horloges Marines. *Ibid.*

Sec. II.

M. L. R. *a pu me copier, & m'a copié.* 57
Tableau de comparaiſon de la Montre de M. L. R. projetée en 1754, & de celle qu'il a publiée en 1770, *page* 58 & *ſuivantes.*
La Montre Marine actuelle de M. L. R. ne reſſemble en rien à celle de ſon Projet de 1754. *Ibid.*
M. L. R. a fait uſage de mes Recherches pour la ſuſpenſion de l'Horloge. 63
Le Rouage de la Montre de M. L. R. de vertical qu'il étoit, devient horizontal, comme dans mes Horloges. 64
M. L. R. abandonne ſon Régulateur à Pendule, à lentille, & lui ſubſtitue mon Balancier. *Ibid.*
M. L. R. adopte la ſuſpenſion de mon Balancier. 65
De l'emploi des Rouleaux. 69
M. L. R. ne traite pas du Balancier, *en tant que Régulateur*, dans ſon *Mémoire ſur la Meſure du Temps en mer*, publié en 1770. Pourquoi? 71
Des effets des Reſſorts ſur la perte de leur élaſticité. *Page* 71
M. L. R. rapporte des expériences qui confirment les principes établis dans mon *Eſſai* ſur les Reſſorts ſpiraux. 72
M. L. R. redit en d'autres termes ce que j'avois établi dans mon *Eſſai.* *Ibid.*
M. L. R. a empruntè de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* la nouvelle diſpoſition des *Pitons* du Reſſort ſpiral. 73
Obſervation de M. L. R. ſur le Régulateur des Montres communes, priſe de mon *Eſſai.* *ibid.*
De la néceſſité de donner au Régulateur la plus grande liberté poſſible. M. L. R. ne dit pas comment on y parvient 74
De l'Echappement à détente & à vibrations libres; M. L. R. n'en eſt pas le premier inventeur. 74
Le Méchaniſme de compenſation, employé par M. L. R. eſt imité de *Graham.* 77
M. L. R. veut s'attribuer juſqu'à l'idée d'avoir éprouvé le premier les Montres Marines dans une Etuve: j'en avois publié l'uſage ſix ans avant qu'il s'aviſât d'en faire l'application. 79

Art. III.

Tableau des différentes Epreuves qui ont été faites en France pour la vérification des Machines propres à déterminer les Longitudes en mer par la Meſure du Temps. 82
Epreuve de ma Montre Marine N°. 3, *ſur la Corvette* l'Hirondelle en 1764. *Ibid.*
Réſultats de l'Epreuve. 83
Cette Montre (N°. 3) eſt livrée en 1768, à M. l'Abbé Chappe, pour en faire uſage dans ſon voyage en Californie. 86
Son erreur ſur la Longitude, après une traverſée fort orageuſe de 75 jours, n'eſt pas de dix lieues, en mettant tout au pis. *Ibid.*
Elle ſert à corriger une erreur de trois degrés dans les cartes Marines. *Ibid.*
Epreuve des Montres Marines A & S *de* M. L. R. *ſur la Frégate* l'Aurore, *en* 1767. 88
Durée de l'Epreuve en mer dans la premiere période, *ſoixante-cinq heures*, en 3 re-

Digitized by Google

priſes. *Page* 89
Durée de l'Epreuve en mer dans la ſeconde période, *quatre jours trois quarts* en ſept reprifes. 90
Examen de la marche de la Montre *A* dans la premiere période. 91
Quelques heures de Roulis ont produit une erreur de 17′ ½ de temps dans la Montre *A*. 92
Nouvelle erreur de 22 ſecondes ½ de temps produite par 6 heures de navigation. *Ibid.*
Troiſieme erreur de 17 ſecondes ½ produite par 32 heures de navigation. 93
Récapitulation des erreurs reconnues dans la premiere période, ſelon le calcul du Journal, 57 ſecondes ½ de temps, pour 65 heures ½ de navigation. 94
La ſomme des erreurs de la Montre *A*, pour 65 heures ½ de navigation, ſeroit de 1 minute 20 ſecondes ½ de temps ſi l'on n'eut pas rectifié deux fois le mouvement journalier. *Ibid.*
Remarques ſur la cauſe à laquelle M. L. R. veut qu'on attribue les écarts de la Montre *A* dans la premiere période. 95
Examen de la marche de la Montre *A* dans l'intervalle des deux périodes. 97
Erreur en accélération dans la Montre *A*, de 57 ſecondes ½ de temps, occaſionnée par un jour de navigation & deux nuits de roulis à l'ancre. *Ibid.*
M. L. R. n'a pas fait mention de cette erreur dans ſon *Expoſé ſuccinct*. 98
Examen de la marche des Montres *A* & *S*, dans le cours de la deuxieme période. 99
La Montre *A* a continué d'accélérer. 100
Erreur de la Montre *A* après 20 jours; elle elle eſt de 32 ſecondes ½ d'accélération. *Ibid.*
Quelle eût été l'erreur dans une période de ſix ſemaines. *Ibid.*
La Montre *S* a été très-réguliere du 20 Juillet au 9 Août. 101
Marches des Montres à Boulogne. *Ibid.*
Réſultat des dernieres Obſervations faites au Havre. *Ibid.*
Remarques ſur la deuxieme période. 102
L'accélération de la Montre *A* n'a pas diminué, quoique M. L. R. l'eut annoncé. *Ibid.*
De ce qu'on doit penſer de la régularité de la Montre *S*. *Page* 103
Concluſion de l'Epreuve. *ibid.*
Epreuves des Montres Marines A *&* S *de* M. L. R. *ſur la Frégate* l'Enjouée, *en* 1768. 104
Dans les deux Epreuves, celle des deux Montres que M. L. R. avoit donnée alternativement comme la plus parfaite, a toujours été la plus irréguliere. 105
Etat des Montres conſtaté avant le départ. *ibid.*
Traverſée. *ibid.*
Etat des Montres conſtaté à Saint Pierre de Miquelon. *ibid.*
La Montre *S* a eu de grandes erreurs en accélération pendant la traverſée du Havre à Saint Pierre, & les quantités de ces erreurs ont été fort irrégulieres. 106
Réflexion ſur l'irrégularité de la Montée *S*. 108
De la cauſe à laquelle on veut attribuer l'irrégularité de la Montre *S*. *ibid.*
L'irrégularité de la Montre *S* ne peut être attribuée à l'effet des Brumes. 109
Traverſée de Saint Pierre à Salé, & de Salé à Cadix. 111
De la marche comparée des deux Montres dans les deux traverſées. 112
On remarque des inégalités aſſez conſidérables dans le mouvement réciproque des deux Montres. *ibid.*
Marche des Montres à Cadix. 113
Les irrégularités des deux Montres à Cadix ne peuvent être attribuées à l'effet de la chaleur. 114
De la préciſion à laquelle les deux Montres auroient donné la Longitude à Cadix 117
Du mouvement journalier de chaque Montre, d'après lequel on doit calculer pour la traverſée de Cadix à Breſt. *ibid.*
De la préciſion à laquelle les deux Montres ont donné les Longitudes, après 35 jours. 119
La Montre *A* qui avoit d'abord été ſi réguliere, donne un degré d'erreur, après 35 jours. *ibid.*
Du mouvement de chaque Montre à Breſt. 120

Précis de l'Epreuve de mes Horloges Marines, N 6 & N°. 8, faite sur la Frégate l'Iſis, en 1768 & 1769, tel qu'il m'a été donné par M. de Fleurieu. 121 & *ſuiv.*

» Idée générale de l'Epreuve. 122

» M. Berthoud déclare avant l'Epreuve » qu'on doit attendre plus de juſteſſe de » l'Horloge N°. 8, que de celle N°. 6. *ibid.*

» Tableau des mouvements journaliers de » chaque Horloge, comparés au mou- » vement moyen du Soleil. 123

» Examen de la marche de l'Horloge N°. 8. 124

» Examen de la marche du N°. 6. 125

» De la preciſion à laquelle les deux Hor- » loges ont donné les Longitudes à la fin » de chaque période, en calculant d'après » le mouvement journalier, établi au » commencement de la période. 126

» Somme des erreurs de chaque Horloge » dans l'intervalle du départ d'un Port, » au retour dans un même Port. 127

» De la préciſion à laquelle les deux Hor- » loges ont donné les Longitudes, à la » fin des différentes périodes, en em- » ployant dans le calcul des mouvements » *moyens* entre ceux qu'elles avoient eus » au commencement & à la fin de la pé- » riode. 128

Les Horloges Marines ont été fort utiles pour corriger les Cartes Marines, & c'eſt la premiere fois qu'on en a fait uſage pour perfectionner la Géographie. 130

Epreuve de l'effet de l'artillerie la commotion n'a produit aucun effet ſenſible ſur le mouvement des Horloges. 131

Voyage fait aux Indes Orientales avec mon Horloge N°. 6. 132

Epreuve des Montres A *&* S *de* M. L. R. *ſur la Frégate* la Flore, *commandée par M. Verdun de la Crenne, Lieutenant des Vaiſſeaux du Roi, ſur laquelle mon Horloge* N. 8 *avoit été embarquée, par ordre du Roi, en* 1771 *&* 1772. 133

Des différentes Montres, Horloges ou Pendules Marines, embarquées ſur la *Flore*. *ibid.*

Marche de la Montre A *de* M. L. R., *conſtatée par différentes vérifications.* 135

Accident arrivé à la Montre *A* de M. L. R. 136

Degré de préciſion auquel la Montre *A* avoit donné les Longitudes avant l'accident. *ibid.*

Ecart ſubit d'environ 1 minute de temps, en 24 heures, obſervé dans la Montre *A*. *ibid.*

Marche de la Montre *S* de M. L. R. pendant la durée de l'Epreuve. 138

Marche de mon Horloge N°. 8, conſtatée à différentes époque de l'Epreuve. 139

M. L. R. n'a pas donné les réſultats des déterminations de Longitudes, obtenues par la Montre *S*. *ibid.*

De la préciſion à laquelle mon Horloge N°. 8 a donné les Longitudes dans le cours de l'Epreuve. 140

Examen des mouvements journaliers de mon Horloge N°. 8. 141

Examen des mouvements journaliers de la Montre *S* de M. L. R. *ibid.*

L'accélération journaliere de la Montre *S*, ſe porte ſubitement de 2 ſecondes $\frac{1}{7}$ à 9 ſecondes. 142

L'augmentation bruſque de l'accélération journaliere de la Montre *S*, ne peut être attribuée aux ſuites de l'accident du 17 Mars. *ibid.*

Dans l'Epreuve qu'on a faite de l'effet de l'artillerie, le fil de clavecin qui ſuſpendoit le Balancier de la Montre *S* de M. L. R. a été caſſé. 146

La commotion cauſée par le jeu de la même Artillerie, n'a produit aucun dérangement dans mon Horloge N°. 8. *ibid.*

CONCLUSION. 146

PIECES JUSTIFICATIVES ſervant à prouver la conformité de principes & de diſpoſitions des parties conſtitutives, entre mes Horloges Marines actuelles, décrites dans mon *Traité des Horloges Marines*, & mon Horloge N. 1, exécutée avant 1761, & les autres Horloges, dont la deſcription a été publiée au commencement de 1763, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*.

ECLAIRCISSEMENS

AVANT-PROPOS.

L'OUVRAGE que les circonſtances me forcent de publier, eſt deſtiné à éclaircir tout ce qui concerne les recherches faites en France, depuis pluſieurs années, pour parvenir à déterminer les Longitudes en Mer par le ſecours des Machines propres à meſurer le Temps; à examiner à qui appartiennent la Théorie, l'Invention, & la Conſtruction de ces Machines; à diſcuter enfin les différentes Epreuves qui en ont été faites en Mer. J'aurois continué tranquillement mes recherches ſur cet objet, & je me ſerois diſpenſé de me livrer à un examen pénible, ſi je n'euſſe écouté que le ſentiment que m'ont inſpiré dans tous les temps, les diverſes attaques de mes Adverſaires: il m'eût ſuffi ſans doute de renvoyer à mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* & à mon *Traité des Horloges Marines*, les Lecteurs que cette Découverte peut intéreſſer: toute la ſuite de mon travail eſt expoſée dans ces deux Ouvrages; l'ancienneté de mes recherches y eſt prouvée par des Actes authentiques; enfin, toutes les Epreuves qui ont été faites des différentes Horloges Marines ſeront bien-tôt miſes ſous les yeux du Public: j'aurois donc attendu du temps & de l'impartialité des perſonnes dont le ſuffrage peut flatter, qu'un jour mes droits inconteſtables ſeroient rappellés, & que les prétentions mal fondées qu'on

veut mettre en oppoſition à ces droits, crouleroient d'elles-mêmes, ſans que je m'occupaſſe de les renverſer. Mais l'importance de la Découverte dont il s'agit, la confiance qu'il eſt eſſentiel d'inſpirer aux Navigateurs pour cette Découverte, l'approbation dont le Gouvernement de France & celui d'Eſpagne ont honoré mon travail, en me chargeant de l'exécution des Horloges deſtinées au ſervice de leurs Vaiſſeaux ; tout m'impoſe l'obligation de juſtifier la préférence qui m'a été accordée, & de mettre enfin le Public à portée de juger de l'ancienneté, de l'étendue, & du ſuccès de mes recherches ſur les moyens de réſoudre le Problême des Longitudes par le ſecours de l'Horlogerie.

TABLE

ÉCLAIRCISSEMENS

SUR L'INVENTION ET LA CONSTRUCTION DES HORLOGES MARINES,

ET

RÉPONSE à un Ecrit qui a pour titre :

Précis des Recherches faites en France pour la Détermination des Longitudes en Mer, par la meſure artificielle du Temps.

ANNONCER un *Précis des différentes Recherches qui ont été faites depuis plus de quarante ans, pour parvenir à réſoudre le fameux Problême des Longitudes par le ſecours de l'Horlogerie ;* c'eſt promettre un Ouvrage utile pour une partie de la Nation, & intéreſſant pour tout le reſte : éxécuter avec impartialité une pareille entrepriſe; c'eut été remplir une tâche honorable, & acquérir des droits à la reconnoiſſance de ſes Concitoyens : mais ôſer mettre à la tête d'un Ecrit un Titre qui n'eſt pas le ſien ; attirer les Lecteurs par l'appât de l'utilité, pour ne leur parler enſuite que de ſoi-même, pour tâcher de conſolider des prétentions que leur ancienneté ne peut rendre légitimes ; c'eſt abuſer d'un titre emprunté ; c'eſt en impoſer au Public. Tels ſont en général les reproches qu'on eſt en droit de faire à l'Auteur de l'Ecritque les circonſtances me forcent à réfuter.

M.L.R. a craint ſans doute, & peut-être avec raiſon, que la curioſité des Lecteurs ne fût pas aſſez fortement excitée, s'il ne s'agiſſoit, dans ſon Ecrit, que des intérêts particuliers de l'Auteur: il a eſpéré qu'à l'abri d'un titre intéreſſant, il pourroit faire paſſer des prétentions mal fondées; mais l'artifice eſt groſſier : le maſque tombe à la premiere page, & l'Auteur paroît: on y voit clairement que M. L. R. n'a écrit que pour critiquer, que pour décrier mon *Traité des Horloges Marines* (*a*), mes Horloges & moi; que pour tenter, par toutes ſortes de voies, de s'approprier des recherches & des découvertes qui ne lui ont jamais appartenu, & dont le ſilence que je me ſuis impoſé ſi long-temps ne ſauroit jamais me faire perdre la propriété.

Ce n'eſt pas d'aujourd'hui que cette trame eſt ourdie : on en découvre les premiers fils dans l'*Expoſé ſuccinct* (*b*) que M. L. R. fit imprimer en 1768 : il veut y rapporter la date de l'ancienneté de ſes recherches ſur les Montres Marines, à la date d'un *Echappement* qu'il dépoſa à l'Académie des Sciences dans l'année 1748 (*c*). Comme ſi un Echappement conſtituoit une *Montre Marine !* Comme ſi l'on ne pouvoit y en appliquer que d'une ſeule eſpece ! Comme ſi cet Echappement étoit à M. L. R. ! Comme s'il eût dès-lors annoncé qu'il projettoit une Montre Marine dont cet Echappement dût faire partie ! Comme s'il en eût fait uſage dans un premier projet de Montre Marine, qu'il dépoſa à l'Académie des Sciences à la fin de l'année 1754 ! Comme s'il l'eût employé dans ſes nouvelles Montres Marines tel qu'il l'avoit propoſé ! Comme s'il n'eût été forcé de convenir lui-même aujourd'hui, dans ſon *Précis* (*d*), que l'Echappement de 1748 *differe eſſentiellement* de celui de ſa Montre Marine ! Une prétention ſi mal fondée croule d'elle-même. Que fait cet Echappement à l'ancienneté des recherches de M. L. R.

(*a*) *Traité des Horloges Marines*, contenant la théorie, la conſtruction, la main-d'œuvre de ces Machines, & la maniere de les éprouver, &c. dédié à Sa Majeſté, & publié par ſes ordres. A Paris, chez Muſier fils, Libraire, Quai des Auguſtins, 1773. Vol. *in-quarto* de 600 pages, avec 27 Planches en taille-douce.

(*b*) *Expoſé ſuccinct des travaux de MM. Harriſon & L. R. dans les recherches des Longitudes en mer*, &c. par M. L. R. Horloger du Roi. A Paris, chez Nyon, Jombert & Prault. 1768.

(*c*) Ibid. *page* 37.

(*d*) Page 26 du *Précis ſur les Recherches faites en France*, &c.

en fait de Montres Marines ? J'aimerois autant dire que l'Inventeur des roues dentées a l'ancienneté ſur nous tous dans cette recherche, & le premier droit à la découverte : ſon titre, ſans doute, ſeroit mieux fondé ; car on ne ſauroit ſe paſſer de roues dentées dans une Horloge Marine, & l'on peut y appliquer, avec un ſuccès égal, des Echappements d'eſpeces abſolument différentes.

M. L. R. prévoyoit bien que ſes prétentions ſeroient combattues, & qu'on ne ſe tairoit pas toujours. Copiſte ſur pluſieurs points, il crut devoir prévenir l'accuſation : dès 1768, il prenoit le Public à témoin, dans ſon *Expoſé ſuccinct*, qu'un jour on voudroit copier ſes Montres ; mais que ſi tout le monde n'étoit pas convaincu qu'il étoit le premier Inventeur, ce ne ſeroit pas faute de l'avoir dit ſouvent. » Après de longs délais » (diſoit-il) (*a*), ſi quelques *artificieux Copiſtes*, peuvent me » diſputer un jour le fruit d'un travail qui, par les circonſtances » où je me ſuis trouvé, eſt ou trop peu ignoré, ou trop peu » connu, au moins je n'aurai pas à me repentir d'avoir contribué » à cette injuſtice par mon ſilence ». On peut aſſurer qu'à cet égard M. L. R. n'a point de reproche à ſe faire. S'il s'en fut tenu toujours à des imputations vagues, je n'aurois pas rompu le ſilence : ces traits répandus dans ſon *Expoſé ſuccinct*, & pluſieurs autres lancés en l'air, ont dû échapper aux yeux du Public ; mais aujourd'hui M. L. R. veut me combattre à force ouverte, & prétend l'emporter de haute-lutte ; il m'accuſe d'être *ſon Copiſte* ; il prétend avoir tout inventé, tout fait le premier ; il nous aſſure modeſtement que *toutes les Horloges Marines dont on fera uſage dans l'avenir, ſeront faites, à très peu près, ſur le modele de ſa Montre* (*b*). Je n'ai point la préſomption de croire qu'on ne parviendra pas quelque jour à faire des Horloges Marines meilleures que les miennes ; je ne me haſarde pas non plus à aſſurer qu'*à l'avenir elles ſerviront de modele* : c'eſt au Public, c'eſt à la Poſtérité à prononcer ſur leur mérite ; mais je dois dire, & je prouverai que mes

(*a*) *Expoſé ſuccinct, &c.* page xvi.
(*b*) Page 37 du *Précis.*

Horloges Marines ſont mon ouvrage ; je ferai connoître qui de nous deux, de M. L. R. ou de moi, a pu être le *Copiſte*, qui des deux l'a été, qui des deux a employé l'artifice.

M. L. R. avance dans ſon *Précis* trois propoſitions, qu'il nous préſente comme trois vérités, & qui ſont les trois diviſions de ſon Mémoire (*a*).

1°. *L'Auteur* du Traité des Horloges Marines *n'eſt pas*, dit-il, *le premier en France qui, de nos jours, ait cherché à déterminer les Longitudes par les Horloges : M. L. R.* ajoute-t-il, *y eſt parvenu long-temps avant lui.*

2°. *Les découvertes ſur leſquelles ſont établies les Montres Marines Françoiſes, ſont le fruit des veilles de M. L. R.*

3°. *La conſtruction de la Montre Marine que M. L. R. a préſentée au Roi & à l'Académie en 1766, eſt la meilleure qui ait paru.*

Les aſſertions de M. L. R. ne ſont pas difficiles à détruire : je n'emploierai, pour les combattre & les renverſer, que des faits notoires, que des pièces qui ſont ſous les yeux du Public, & dont l'authenticité ne peut être attaquée.

I. ARTICLE. Je prouverai que je ſuis le premier, de nos jours (*b*), qui me ſois occupé, en France, de la recherche des Longitudes par les Horloges ; que le premier projet d'une Machine propre à meſurer & à garder le temps en mer, qui ait été préſenté, eſt un des miens ; que le premier Ouvrage dans lequel il ſoit traité de la théorie & de la conſtruction des Horloges Marines, eſt mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* (*c*) ; que la premiere Horloge Marine qui ait été exécutée, eſt une des miennes ; que la premiere qui ait été éprouvée eſt encore une des miennes.

II. ARTICLE. J'examinerai les prétentions de M. L. R. concernant les découvertes relatives aux différentes parties qui

(*a*) Page 5 du *Précis*.

(*b*) On ne peut pas compter au nombre des Recherches relatives aux Horloges Marines, quelques tentatives, ou qui ont été ſans aucune ſuite, ou qui ſont abſolument ignorées.

(*c*) *Eſſai ſur l'Horlogerie*, dans lequel on traite de cet Art, relativement à l'uſage civil, à l'Aſtronomie & *à la Navigation*, (préſenté à la cenſure en 1761, & publié dans le mois de Janvier 1763). A Paris, chez Jombert, Muſier & Panckouke. 2 vol. *in-quarto*, avec Planches en taille-douce.

conſtituent une Horloge Marine; je ferai voir que les principes ſur leſquels mes Horloges ſont établies, étoient publics depuis le commencement de Janvier 1763; que je ne me ſuis jamais éloigné de mes premiers principes, & qu'au volume près, mes dernieres Horloges ne different pas de la premiere que j'avois exécutée en 1761, ou des autres dont on trouve le plan dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*: d'où il ſuit que je n'ai pas pu *copier* M. L. R. Je prouverai qu'au contraire il a fait uſage de la plupart de mes principes, & de pluſieurs diſpoſitions des parties, dans ſes Montres dont la premiere ne fut préſentée qu'un an après la publication de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie;* je tâcherai d'ailleurs de rendre à différents Artiſtes ce qui peut leur appartenir: je ne ſuis pas le ſeul que M. L. R. ait tenté de dépouiller.

III. ARTICLE. Je ne dirai pas, à l'imitation de M. L. R. *mes Horloges Marines ſont les meilleures qui aient paru; leur conſtruction eſt préférable à toute autre, &c;* c'eſt aux gens de l'Art à juger: ils ont ſous les yeux les deſcriptions & les plans de mes Machines, ainſi que de celles de M. L. R. tout ce que nous pourrions dire l'un & l'autre, ne changera rien au mérite des inventions: nos voix ſont comptées pour nulles au ſcrutin. Mais nous avons un moyen d'apprécier avec juſteſſe le mérite des productions, ſans y faire entrer l'examen intérieur du méchaniſme, ſur lequel nous diſputerions long-temps, & ſans doute inutilement; nous comparerons le ſuccès des *Epreuves:* c'eſt la balance où nous devons peſer nos Horloges: je remettrai ces ſuccès ſous les yeux du Public, tels qu'ils ſont conſignés dans des Ouvrages authentiques: on les comparera: le Lecteur inſtruit pourra prononcer.

C'eſt avec un véritable regret que je me vois forcé de donner quelques moments à des diſcuſſions de la nature de celles qui vont m'occuper; mais on ſe doit à ſoi-même une défenſe, quand l'injuſtice veut tenter de nous dépouiller: la place qu'on peut avoir acquiſe dans l'opinion publique, eſt un bien précieux dont on doit être jaloux, & qu'on ceſſeroit peut-être de mériter, ſi l'on dédaignoit d'employer les moyens légitimes qui peuvent nous y maintenir. C'eſt cepen-

dant la ſeule fois que je me permettrai de parler de moi: dès que mes droits auront été établis d'une maniere inconteſtable, j'entendrai ſans m'émouvoir tout ce qu'on voudra dire & imprimer; mon ſilence ſeul répondra. Je ferai de mon temps un emploi plus agréable pour moi, & peut-être plus utile pour le Public; je m'occuperai à donner à mes Horloges Marines, toute la ſimplicité & la perfection qu'elles peuvent acquérir; car je les crois en effet, & pour le préſent & pour l'avenir, ſuſceptibles de perfection; & je ne puis pas dire ce que M. L. R. diſoit dès la premiere épreuve de ſes Montres (*a*): *il eſt un terme à tout;* depuis que ma derniere Horloge eſt finie, *il ne s'eſt guere paſſé de jours ſans que j'aie cherché ſi elle ne ſeroit pas ſuſceptible de quelques changements avantageux: inutile tentative! la Théorie & les faits me perſuadent qu'il ne reſte plus qu'à s'attacher à bien exécuter ces Machines.* Je ne ſais s'il eſt bien certain que les bornes que M. L. R. veut mettre à ſon génie, ſoient en effet les bornes de l'eſprit humain? Mais je ſuis bien éloigné de voir comme lui: plus je réfléchis ſur l'uſage auquel on deſtine une Horloge Marine, ſur ce qu'on s'eſt accoutumé à exiger de ces Machines, depuis qu'on a reconnu la poſſibilité d'y réuſſir, enfin ſur ce qu'on a déja fait; moins je me perſuade qu'il ne ſoit pas poſſible de faire encore mieux. Seroit-ce donc que M. L. R. & moi, nous nous ſommes formé une idée différente de la perfection? Je ne crains pas d'annoncer que, depuis les dernieres épreuves de mes Horloges, & même depuis la publication de mon *Traité*, j'ai découvert encore de nouveaux ſecours qui pourront nous élever de quelques crans plus haut. Les premiers pas ont été faits avec aſſez de rapidité; c'eſt la marche ordinaire des Arts exacts: les derniers s'exécutent toujours avec plus de lenteur: à peine s'apperçoit-on qu'on avance; & les recherches les plus pénibles ne ſont pas toujours les plus brillantes.

De quelques imputations répandues dans le premier article du Précis.

Avant que d'entrer en matiere, je vais répondre à quelques objections particulieres, & détruire des imputations répandues dans le premier Article du *Précis* de M. L. R.

(*a*) Page 10 de l'*Expoſé ſuccinct.*

» Dès 1766 (dit-il) (*a*) j'avois exécuté la Montre Marine » qui vient d'être couronnée par l'Académie pour la ſeconde » fois. Or, *loin d'avoir alors quelque choſe à mettre en parallele » avec cet Ouvrage*, l'Auteur du Traité des Horloges Marines » *n'avoit rien de comparable, pas même dans ſon imagination.* J'é- » tois ſur le point de préſenter la premiere de mes Montres au » Roi, qu'il étoit à Londres pour la ſeconde fois, où *il faiſoit » des efforts pour decouvrir le ſecret de M. Harriſon qui étoit inflexi- » ble.* Va-t-on à cent lieues chercher le ſecret d'autrui, quand » on croit en avoir un meilleur ? »

Pourra-t-on croire qu'en écrivant ce que je viens de rapporter, M. L. R. avoit ſous les yeux mon *Traité des Horloges Marines*, dans lequel ſe trouve le rapport de l'Académie des Sciences, en date du 20 Juin 1764, dont je donnerai l'extrait dans le premier Article, & qui conſtate que *mon Horloge* N°. 1, *étoit exécutée dès le commencement de* 1761, *qu'elle étoit conſtruite ſur d'excellents principes, qu'on ne connoiſſoit aucune pieee d'Horlogerie où l'on eût employé plus de précautions & choiſi de meilleurs moyens pour aſſurer la juſteſſe de ſes mouvements, & prévenir les changements de toute eſpece ; que cette Horloge méritoit l'attention du Miniſtere, & qu'il ſeroit à propos de l'éprouver en mer, &c.* (*b*). M. L. R. a donc penſé qu'il lui ſuffiſoit de dire un mot pour détruire ce qui eſt conſigné dans les Regiſtres de l'Académie des Sciences ? Il a penſé que le Public ne liroit que ſes Mémoires, qu'on l'en croiroit aveuglément ſur ſa parole ? Il s'eſt perſuadé qu'en ne faiſant aucune mention des Machines & des Ouvrages que j'ai produits long-temps avant qu'il ſongeât à préſenter ſa premiere Montre, ſon ſilence ſeul anéantiroit une Horloge exécutée depuis 1761, examinée & approuvée par l'Académie, ainſi qu'une autre Machine N°. 2, exécutée en 1763, & une Montre Marine N°. 3, éprouvée en mer par ordre du Roi, en 1764 (*c*). Il ne peut ignorer tous ces faits ; il les a ſous les

(*a*) Page 8 du *Précis*.

(*b*) On peut voir ce Rapport tout au long dans mon *Traité des Horloges Marines*, page 523 & ſuiv.

(*c*) On verra dans le troiſieme Article l'épreuve de cette Montre, faite par ordre du Roi en 1764, & le Rapport qui fut lu à l'aſſemblée publique de l'Académie, le

yeux ; & il oſe dire qu'en 1766, lorſqu'il préſentoit ſa premiere Montre au Roi, je n'avois *rien de comparable* alors à oppoſer, *pas même dans mon imagination.*

Ce n'eſt pas tout : non-ſeulement je n'avois rien dans mon imagination, *mais* (oſe-t-il ajouter) *j'allois chercher à cent lieues le ſecret d'autrui.* Le Lecteur va juger combien cette imputation injurieuſe eſt en même temps mal fondée.

L'Académie des Sciences a répondu d'avance à M. L. R. : j'étois aſſocié dans le premier voyage que je fis à Londres, à un Membre reſpectable de cette illuſtre Compagnie. *M. Berthoud* (eſt-il dit dans le Rapport de 1764, que j'ai déja cité) (*a*), *avoit été choiſi par l'Académie, & envoyé à Londres par Sa Majeſté, avec M. Camus, pour prendre connoiſſance des découvertes faites par M. Harriſon ; mais l'objet de ce voyage n'a point été rempli ; ainſi l'on ne peut ſoupçonner M. Berthoud d'avoir profité des inventions de l'Auteur Anglois, puiſqu'elles ſont encore tenues ſecrettes : nous pouvons certifier d'ailleurs qu'il n'a pu faire aucun changement à ſa Machine depuis ſon retour d'Angleterre, puiſqu'elle eſt reſtée fermée de nos cachets juſqu'au temps où nous en avons fait l'examen détaillé dans ce Rapport.* On verra d'ailleurs, dans ce même Rapport, que l'*exécution de mon Horloge ſe trouvoit parfaitement conforme aux Mémoires que j'avois dépoſés au Secrétariat de l'Académie, le 13 Décembre 1760, & le 28 Février 1761.* Cette même Machine avoit été publiée dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, dès le premier Janvier 1763 ; & ce n'eſt qu'à la fin d'Avril que j'allai en Angleterre pour la premiere fois. Le ſecond voyage que je fis à Londres en 1766, par ordre du Gouvernement, eut le même objet & le même ſuccès que le premier : les Anglois, & M. L. R. lui-même, en ſont convenus. Il ne pourra du moins récuſer ſon propre témoignagne, conſigné dans ſon

14 Novembre 1764, par M. l'Abbé Chappe, l'un des Commiſſaires nommés par le Roi, conjointement avec M. Duhamel du Monceau, de l'Academie des Sciences, & M. le Chevalier de Goimpy, Commandant la Corvette l'*Hyrondelle*, ſur laquelle l'épreuve a été faite.

(*a*) Ce Rapport eſt imprimé en entier dans mon *Traité des Horloges Marines*, page 523 & ſuivantes : j'en donnerai ci-après l'extrait dans l'Article premier de cette *Réfutation.*

Expoſé

Expoſé ſuccinct, écrit & publié en 1768, c'eſt-à-dire, deux ans après mon ſecond voyage à Londres. *Remarquons* (diſoit-il) (*a*), *un manque d'exactitude dans le Traducteur des Obſervations de M. Maskeline : ſelon lui, les Horlogers François ont fait tous leurs efforts pour découvrir le ſecret de M. Harriſon qui a été inflexible, &c. On peut aſſurer* (ajoutoit M. L. R.) *qu'aucun François n'a été à Londres dans ce deſſein.* C'eſt l'Auteur du *Précis* qui penſoit, qui écrivoit ainſi en 1768 ; c'eſt lui qui aſſuroit qu'*aucun Artiſte François n'avoit été à Londres dans le deſſein de découvrir le ſecret d'Harriſon ;* c'eſt ce même Auteur du *Précis*, c'eſt M. L. R. qui oſe aujourd'hui me noircir par cette imputation. Quel motif peut lui faire tenir en 1773, un langage ſi différent de celui qu'il tenoit en 1768 ? Je le conçois : en 1768, mes Horloges N°. 8 & N°. 6, n'avoient pas encore été éprouvées en mer. M. L. R. ſe flattoit ſans doute que ſes ſuccès éclipſeroient les miens, que mes anciennes productions ſeroient oubliées ; que je ne réclamerois jamais contre l'uſurpation ; enfin mon *Traité des Horloges Marines*, qui conſtate l'antériorité de mes recherches, n'avoit pas encore paru.

Mais c'eſt déja trop inſiſter ſur une imputation à laquelle on n'a pas même ſu donner l'air de la vraiſemblance : contentons-nous d'une réflexion qui ſe préſente naturellement. Si la prétendue ſupériorité des talents de M. L. R., & la médiocrité des miens, euſſent été auſſi évidentes aux yeux du Gouvernement & de l'Académie, qu'elles le paroiſſoient à ceux de M. L. R. ; ſi l'on eût été en effet perſuadé qu'il avoit en quelque ſorte des idées innées ſur les Montres Marines ; s'il a tout inventé, s'il a tout fait le premier ; ſi moi, au contraire, je *n'avois encore rien*, en 1766, *de comparable à ſa Montre, pas même dans mon imagination* ; par quelle fatalité pour lui, par quel aveuglement en ma faveur, le Gouvernement & l'Académie m'ont-ils choiſi, en 1763 & 1766, pour aller en Angleterre, & coopérer à une miſſion qui n'avoit d'autre objet que les Montres Marines ?

(*a*) Voyez l'*Expoſé ſuccinct*, page 35.

Mais ce n'étoit pas ſans doute aſſez pour M. L. R. d'être en contradiction avec le Gouvernement & l'Académie ; nous allons voir que, ſans s'en douter, il ſe contredit lui-même. *Il dépoſoit* (en 1766) *ſa Montre à l'Académie* (dit-il) (*a*), *pour le concours de* 1767, *lorſque M. Berthoud y remettoit des* Projets par écrit, *qu'il eut grand ſoin de retirer avant le jugement.*

Et quelques pages après, il ajoute : (*b*) *Si M. Berthoud, ayant travaillé pour le Prix de l'Académie de* 1767, *n'a pas jugé à propos de concourir pour ceux des années ſuivantes, c'eſt que des arrangements particuliers l'en ont détourné ; mais que peut-être ne l'eût-il pas fait avec avantage devant des Juges à portée de confronter les titres de chaque Concurrent.*

Obſervons d'abord deux contradictions manifeſtes. 1°. M. L. R. nous avoit dit qu'en 1766, je n'avois rien de comparable à ſa Montre, *même dans mon imagination :* à préſent il dit qu'en 1766 je dépoſois des *Projets par écrit* pour le concours de 1767. Il me fait donc à préſent la grace de m'accorder qu'en 1766 j'avois *quelque choſe*, je ne dis pas de comparable à ſa Montre, mais au moins quelque choſe dans mon imagination. 2°. Il nous dit qu'*après avoir travaillé pour le Prix de* 1767, je n'avois pas jugé à propos de concourir pour ceux des années ſuivantes : il oublie, ſans doute, qu'à quelques pages plus haut, il s'eſt plaint lui-même de ce que *je n'avois pas voulu concourir pour le Prix de* 1767, *& que j'avois retiré mes pieces du Concours.* Mais ce ne ſont-là que de légeres diſtractions qui échappent à un Auteur dans la chaleur de la compoſition, & que le Lecteur doit pardonner. M. L. R. me permettra ſeulement de lui faire une queſtion : ſi je ne dépoſois que *des Projets par écrit*, même en 1766, qui avoit donc inventé & exécuté, en 1761, mon Horloge Marine N°. 1, que l'Académie jugeoit déja digne d'être éprouvée en mer ? Qui avoit exécuté mon Horloge N°. 2 ? Qui avoit exécuté ma Montre Marine N°. 3, que Sa Majeſté fit éprouver à la mer en 1764 ?

(*a*) Page 9 du *Précis.*
(*b*) *Ibid.* page 29.

Je ne puis me diſpenſer de rapporter ce qui s'eſt paſſé à l'occaſion du *Concours de* 1767. La veille du jour où ce Concours devoit être fermé, pluſieurs Membres recommandables de l'Académie me firent l'honneur de venir chez moi, & me preſſerent de concourir pour le Prix : ce n'avoit jamais été mon intention ; depuis le commencement de Janvier de 1763, j'avois mis ſous les yeux du Public, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, tous les principes ſur leſquels doivent être conſtruites des Horloges Marines, tout le détail des expériences, la diſpoſition de toutes les parties, des deſcriptions & des plans exacts, & les procédés de main-d'œuvre ; je ne croyois pas devoir entrer en lice avec d'autres Artiſtes qui pouvoient avoir pris dans mes propres Ouvrages les armes avec leſquelles ils voudroient combattre. J'étois occupé d'ailleurs de travaux qui ne me permettoient pas de me diſtraire ; cependant, pour répondre à une invitation dont je devois être flatté, je remis pluſieurs *Deſcriptions & Deſſins d'Horloges Marines*, les mêmes qui étoient dépoſés au Secrétariat de l'Académie depuis le 29 Août 1764 : ces Deſcriptions étoient en effet les plans de Machines exécutées, & que les Commiſſaires nommés par l'Académie avoient examinées dans mon Laboratoire. (Voyez *le Traité des Horloges Marines*, page 534.) L'Académie n'exigeoit pas alors qu'on dépoſât entre ſes mains les Machines qu'on mettoit au Concours. Quelques temps après, j'appris qu'une Horloge Marine de M. *Romilly*, la ſeule qui concourût avec une Montre de M. L. R. avoit été fracaſſée (*a*) dans l'obſervatoire d'un Aſtronome ami particulier de celui-ci : l'accident étoit arrivé, diſoit-on, *en la remontant :* je retirai mes Mémoires du Concours.

Des Prix accordés à l'Auteur du Précis.

M. L. R. nous remet devant les yeux, à chaque page de ſon *Précis*, comme il l'avoit fait dans ſes Mémoires précédents, qu'il a été *couronné deux fois*, & chaque fois d'une double couronne, par l'Académie des Sciences. Je ſens tout le prix d'un pareil honneur ; mais il me paroît que la gloire de l'avoir obtenu, doit toujours être proportionnée au nombre des Concurrents. Lors du Concours de 1767, l'Horloge de M. *Romilly*

(*a*) Voyez le *Journal des Savans* du mois d'Octobre 1773, *page* 681.

avoit été fracaſſée : j'avois retiré mes Mémoires : la Montre de M. L. R. *reſtoit ſeule ;* l'Académie ne crut pas devoir lui adjuger le Prix : elle avoit propoſé de nouveau le même ſujet pour l'année 1769, avec un Prix double. M. L. R. n'eut pas plus de Concurrents au ſecond Concours, qu'il n'en avoit eu au premier : ſa Montre *fut la ſeule* éprouvée, en 1768, ſur l'*Enjouée*, comme elle avoit été *la ſeule éprouvée* ſur l'*Aurore*, en 1767 : elle fut couronnée; mais n'eſt-ce pas vouloir en impoſer au Public, que de dire qu'on a couronné la meilleure ? Ce n'eſt pas ce qu'a dit l'Académie en lui accordant le Prix ; elle a mis dans ſon jugement, la ſage réſerve qu'on remarque toujours dans ſes déciſions. Ce n'eſt point *un Prix* qu'elle adjuge au *meilleur Ouvrage ;* c'eſt *un encouragement* qu'elle accorde au *ſeul Artiſte* qui eût mis une Machine au Concours. Voici les propres paroles de cette Illuſtre Compagnie (*a*) : » La marche de la » Montre de M. L. R. obſervée à la mer dans pluſieurs Voyages, » dont un a été des côtes de France à Terre-Neuve & à Ca» diz, a paru *en général* aſſez réguliere pour mériter à l'Auteur » cette récompenſe, *dont le but principal eſt de l'encourager à* » *de nouvelles recherches :* car l'Académie ne doit pas diſſimuler » que, dans une des obſervations qui ont été faites ſur cette » Montre, elle a paru, *même étant à terre, avancer aſſez bruſ*» *quement de onze à douze ſecondes par jour:* d'où il s'enſuit qu'*elle* » *n'a pas encore le degré de perfection qu'on peut y déſirer* ».

Ce qui eſt dit ici appartient à l'Epreuve faite, en 1768, ſur l'*Enjouée ;* car, dans celle qui avoit été faite en 1767 ſur l'*Aurore*, on avoit reconnu, comme je le ferai voir, des écarts de 17, *de* 23, *&* de 54 *ſecondes*, occaſionnés par *quelques heures de roulis*, auxquels le Bâtiment avoit été expoſé. C'eſt cependant après cette premiere Epreuve de 1767, que M. L. R. diſoit, en rappellant les récompenſes accordées à M. Harriſon : *pour moi, je poſſede déja une récompenſe qu'on voudroit envain m'enlever ; c'eſt la gloire d'avoir, le premier, réuſſi en France dans cet important objet, & la conviction intime d'avoir*

(*b*) *Voyez* le Programme du prix propoſé par l'Académie Royale des Sciences, pour l'année 1771, Imprim. Roy. 1769.

produit un Ouvrage à jamais utile à ma Patrie & à l'humanité (*a*). Il nous répete la même aſſertion dans ſon *Précis* (*b*): *L'Epreuve faite ſur l'Aurore en* 1767, *prouvera à jamais* (dit-il), *d'une maniere irréfragable, que je ſuis le premier en France qui ait porté les Montres Marines au degré de juſteſſe deſiré.* L'Académie décide au contraire, *qu'en* 1769, c'eſt-à-dire, que même après la deuxieme Epreuve, *la Montre Marine de M. L. R. n'a pas encore le degré de perfection qu'on peut y deſirer.* Qui doit fixer notre opinion? Qui devons-nous croire par préférence? de l'Académie des Sciences qui juge l'Artiſte, ou de l'Artiſte qui ſe juge lui-même?

Le Prix double a été adjugé de nouveau, en 1773, à la Montre Marine de M. L. R. *L'Académie* (*c*) (dit-il) *a déclaré dans ſon dernier Programme, que ma Montre l'emportoit ſur celles qui avoient concouru; je me crois donc fondé à conclure que ma Montre eſt la meilleure qui ait encore paru.* M. L. R. auroit dû tranſcrire le Programme de l'Académie dans ſon entier: je vais mettre ſous les yeux du Public, ce que l'Auteur du *Précis* auroit voulu qu'on en ignorât (*d*): *L'Académie ne croit pas devoir laiſſer ignorer au Public, qu'une Montre Marine déſignée par le N°. 8*, (c'eſt une de mes Horloges) *& éprouvée auſſi par ordre du Roi ſur la Frégate* la Flore, *a paru mériter beaucoup d'éloges par la régularité de ſa marche. Mais l'Auteur ayant expreſſément déclaré qu'il ne jugeoit pas à propos de concourir, & n'ayant point d'ailleurs fait connoître la conſtruction de ſa Montre, l'Académie a cru devoir s'abſtenir d'en porter aucun jugement relativement au Prix.* Je n'ai donc pas concouru; & ſi M. L. R. a eu de l'avantage ſur ſes Concurrents, il n'eſt donc pas fondé à dire qu'il en a eu ſur moi; il n'eſt pas fondé à conclure que ſa Montre eſt *la meilleure qui ait encore paru.* M. Harriſon auroit ſans doute raiſon de ſe plaindre, ainſi que moi, de cette généralité; mais je ne me ſuis pas chargé de le défendre: on peut s'en rapporter à lui, à ſes amis, & à ſa Nation. Ce que nous pou-

(*a*) *Expoſé ſuccinct*, page 35.
(*b*) Page 7 du *Précis.*
(*c*) Page 37 du *Précis.*
(*d*) Voyez le *Programme de l'Académie pour le prix de l'année* 1775, imprimé à l'Imprimerie Royale en 1773.

vons conclure, nous, & avec fondement; c'eſt que, ſi M. L. R. exige que nous admirions ſa Montre comme la meilleure qui ait encore paru; au moins ne voudra-t-il pas nous forcer à le regarder comme l'Artiſte le plus modeſte: il eſt à craindre qu'à force de répéter au Public qu'il eſt ſupérieur à tout le monde, que ſa Montre eſt la meilleure poſſible, il ne parvienne enfin à ſe le perſuader à lui-même: cette perſuaſion nuiroit eſſentiellement aux progrès de l'Art, s'il étoit poſſible qu'elle détournât M. L. R. de s'occuper des recherches qui pourront encore perfectionner ſon ouvrage.

ARTICLE PREMIER.

De l'ancienneté de mes recherches pour la détermination des Longitudes en Mer par les Horloges Marines : elles ſont antérieures en tous points à celles de M. L. R.

PREMIERE ÉPOQUE.

Antériorité de Projet.

Le 20 Novembre de l'année 1754, j'avois dépoſé à l'Académie Royale des Sciences, un paquet cacheté, contenant la deſcription d'une *Machine propre à meſurer le Temps en mer* (*): la ſuſcription annonçoit ce qui étoit contenu dans le paquet; tous les Membres de l'Académie (**) ont pu ſavoir que j'avois dépoſé un Projet d'*Horloge Marine*.

Un mois après, le 18 Décembre 1754, M. L. R. dépoſe pareillement à l'Académie un paquet cacheté, contenant la deſcription d'une *nouvelle Horloge propre pour l'uſage de la Marine :* il en a fait imprimer la copie dans ſon *Expoſé ſuccinct* (*a*).

M. L. R. n'a pu nier l'*antériorité de mon dépôt*; il veut l'éluder: voici ſes objections dans toute leur force.

Un Ecrit imprimé en 1752, montreroit (dit-il) *que, même*

(*) Page 523 du *Traité des Horloges Marines*.

(**) Un des Freres de M. L. R. eſt Membre de l'Académie des Sciences depuis l'année 1751.

(*a*) Page 37 de l'*Expoſé ſuccinct*.

avant ce temps, je ſongeois à mettre en exécution un Projet de Montre Marine : l'Horloger Auteur de cet Ecrit, dit que M. L. R. ajouta (apparemment à la ſuite d'une converſation qu'ils avoient eue enſemble) *qu'il avoit des idées ſur la Marine, que nous les exécuterions enſemble* (*a*).

J'accorde à l'Auteur du *Précis*, qu'en 1752, qu'en 1750 même, s'il le veut, il avoit *des idées ſur la Marine :* mais qui a pu lui dire que je n'en avois pas eu, moi, en 1749? Qui lui a dit qu'en liſant, il y a plus de vingt-cinq ans, les Ouvrages de Huyghens & de Sully, je n'avois pas *ſongé* à des Horloges Marines? Et quel eſt l'Artiſte un peu occupé de ſon Art, qui n'ait ſongé quelquefois en ſa vie à des Horloges Marines? Mais ce ne ſont pas des idées en l'air, des ſonges, qu'on doit préſenter au Public : il lui faut des preuves. Pourra-t-on croire que c'eſt immédiatement après s'être établi ſur un fondement auſſi peu ſolide, que l'Auteur du *Précis* conclut d'un ton aſſuré : *l'antériorité de mes recherches eſt donc prouvée* (*b*).

M. L. R. fait une autre objection contre mon dépôt de 1754, qui paroît plus raiſonnable au premier aſpect, mais qui, dans le fond, n'a pas plus de ſolidité. En parlant de ce dépôt & de moi, il dit :

On en appellera à lui-même, & on lui demandera s'il peut y avoir quelque comparaiſon entre le papier qu'il cite, ſans en rapporter la teneur, & celui que j'ai conſigné au Secrétariat le 18 *Décembre de la même année, que j'ai fait imprimer il y a ſix ans, & qui contient en grande partie toute la théorie de mes Montres Marines actuelles* (*c*).

Je répondrai d'abord (ce qui eſt prouvé par le certificat du Secrétaire de l'Académie) (*d*), que MM. *Camus* & *Bouguer*, qui furent les Commiſſaires nommés pour l'examen de mon Projet, ſont morts l'un & l'autre ſans avoir fait leur rapport : j'ajouterai que ce papier s'eſt trouvé perdu parmi les leurs ; qu'il ne m'a jamais été rendu ; & que tout ce que j'en rappor-

(*a*) Page 7 du *Précis*. Il y eſt dit à la note : *Voyez la Lettre à M. le Duc de ***, ſervant à la juſtification de M. le Paute*, page 6.

(*b*) Page 7 du *Précis*.

(*c*) page 6 du *Précis*.

(*d*) Page 523 du *Traité des Horloges Marines*.

terois ne pouvant avoir aucune authenticité, je ſerois réduit à demander qu'on m'en crût ſur ma parole : ce ne ſont pas des preuves de cette eſpece que je veux préſenter au Public.

Je vais faire un bel avantage à M. L. R. ; je vais convenir, s'il le veut, que mon Projet de 1754 ne contenoit pas la deſcription de mon Horloge N°. 1, qui étoit terminée au commencement de 1761, & dont les principes, comme on le verra, ne different pas de ceux que j'ai employés dans mes autres Horloges ; je conviendrai même que ce Projet cacheté contenoit la deſcription d'une Machine différente de toutes les autres, quoique toutes fuſſent deſtinées au même uſage ; mais en lui faiſant un ſi grand avantage, il n'aura pas encore gain de cauſe : il m'eſt facile de prouver que, dans le cas ſuppoſé, nous en ſerions l'un & l'autre au même point ; & que ſon Projet de 1754 ne préſentoit aucun indice de ſes Montres actuelles, quoiqu'il veuille faire croire *qu'il en contenoit en grande partie toute la théorie :* l'ancien Projet & le plan des nouvelles Montres ſont ſous les yeux du Public (*a*) : nous allons les comparer.

L'extrait du Projet de 1754, ne ſera pas long : toutes les idées de M. L. R. ſur la conſtruction d'une Horloge Marine, ſe bornoient à quatre Articles. (Je ne parle pas de la ſuſpenſion qui étoit celle de *Cardan*, telle qu'on l'a toujours propoſée, telle que *Huyghens*, *Sully* & d'autres l'avoient employée).

1°. Corriger les inégalités de la force motrice par le moyen d'un *Remontoir* qui devoit (diſoit-il) *rendre cette force parfaitement conſtante* (*b*).

2°. Suſpendre le Balancier par un *reſſort droit réglant* (qui devoit ſuppléer au reſſort ſpiral), & dont la propriété étoit telle, ſelon M. L. R., *que toutes les vibrations du Balancier devoient être iſochrones* (*c*).

(*a*) Voyez l'*Expoſé ſuccinct*, page 37 & ſuivantes ; & le Memoire ſur la *meſure du Temps en mer*, à la ſuite du *Voyage de M. de Caſſini le fils*, chez Jombert. 1770.

(*b*) Voyez dans l'*Expoſé ſuccinct* la deſcription de l'Horloge, *page* 38.

(*c*) *Ibid.* 43. M. L. R. dit : *que dans toutes les Experiences qu'il a faites ſur différentes maſſes ſuſpendues par un reſſort droit comme celui de ſon Balancier, il ne lui a pas été poſſible d'appercevoir une ſeule vibration de différence ſur mille, en répétant l'obſervation pluſieurs fois ſur des arcs de 180 & de 60 degrés : les avantages réels* (ajoute-t-il) *qui réſultent de cette propriété ſont évidents.*

3°.

3°. Pour tenir lieu d'un méchaniſme qui pût compenſer les effets de la chaleur & du froid, l'Auteur propoſoit de dreſſer une Table des variations de l'Horloge par les différents degrés de température, & d'y avoir égard (*a*).

4°. *Le Régulateur* qu'il projettoit d'employer, étoit *un pendule d'un demi-pied de longueur environ, verticalement ſuſpendu par un ſeul reſſort droit, long de cinq à ſix pouces, dont la lentille un peu différente des autres par ſa forme, & du poids de deux ou trois livres, eſt horizontale, & dont chaque extrémité de la verge formant un pivot, s'ajuſte dans un trou diſpoſé pour le recevoir* (*b*).

Quel Régulateur que celui dont toute la maſſe, réunie autour du centre ſous la forme d'une lentille du poids de trois livres, ſe trouve rapprochée des pivots? Quel frottement n'éprouveront pas ces pivots, quand même on y appliqueroit les *rouleaux de Sully*, que l'Auteur propoſoit? Quelle puiſſance aura ce Régulateur? ſur-tout ſi une de ſes vibrations ne doit s'achever *qu'en deux ſecondes & demie*, comme on le voit dans le Projet? J'en appelle à tous les Artiſtes qui ont réfléchi ſur les principes de leur Art: un Régulateur de cette eſpece eſt un monſtre en Horlogerie.

L'*Echappement* étoit tout ſimplement à *roue de Rencontre*: on n'y employoit point cet échappement *à vibrations libres & à détente* dont M. L. R. s'attribuoit l'invention en 1748, & auquel il voudroit qu'on rapportât l'ancienneté de ſes recherches ſur les Horloges Marines: l'*Echappement libre* n'a donc jamais été propoſé par l'Auteur dans l'intention de l'appliquer aux Horloges Marines: il en auroit fait uſage, il en auroit au moins fait mention dans le Projet de 1754. On y voit au contraire que cette partie d'une Montre ne paroît pas l'occuper: il n'y traite ſeulement pas de l'Echappement en particulier: la roue de Rencontre même n'eſt nommée que dans la deſcription du Remontoir, & comme devant en faire partie.

(*a*) M. L. R. propoſoit encore deux autres expédients abſolument différents de celui qu'il a employé dans ſes nouvelles Montres; mais il déclaroit en 1754, qu'il *préféroit la Table aux deux autres moyens, & qu'il comptoit s'y tenir.* Page 46 de l'*Expoſé ſuccinct*.

(*b*) *Expoſé ſuccinct*, page 40.

C'eſt donc avec un *Remontoir* qui rend la force motrice parfaitement conſtante ; c'eſt avec un *reſſort droit réglant* qui rend toutes les vibrations iſochrones ; avec un balancier monſtrueux *dont toute la maſſe eſt rapprochée près du centre* ; avec un *Echappement à roue de rencontre* ; enfin avec une *Table de compenſation*, que M. L. R. s'étoit perſuadé, en 1754, qu'on pouvoit faire une excellente Montre Marine.

Heureuſement pour lui, ſes idées ont bien changé depuis cette époque ; & la Montre dont il nous a donné la deſcription en 1770 (*a*), n'a de commun avec l'ancienne que le nom & l'uſage par lequel on propoſoit l'une & l'autre.

Dans la Montre de 1770, il n'eſt plus queſtion du Remontoir ; la fuſée même eſt ſupprimée comme ſuperflue & déſavantageuſe ; la *force motrice* réſide toute entiere dans un *reſſort ployé dans un Barillet*, comme celui des pendules de cheminée : il n'eſt plus queſtion du reſſort droit réglant ; ce ſont deux *reſſorts ſpiraux, d'une certaine longueur*, qui donnent toutes les vibrations iſochrones : le Régulateur eſt un balancier ordinaire, dont *toute la maſſe eſt rejettée à la circonférence*, & ſuſpendu par *un fil de clavecin :* ce n'eſt plus un Echappement *à roue de Rencontre ;* c'eſt un Echappement à *vibrations libres :* aucun des moyens propoſés dans le Projet de 1754, pour corriger l'effet des variations de la température, n'eſt employé ici ; ce ſont *deux Thermometres compoſés de mercure & d'eſprit-de-vin*, appliqués à l'axe du Balancier.

Où eſt donc la conformité entre le Projet de 1754, & la Montre Marine dont la deſcription a été publiée en 1770 ? Où eſt cette théorie des Montres nouvelles qui doit ſe trouver dans le Projet ? Où eſt cet Echappement à vibrations libres dont M. L. R. croit que l'on ne ſauroit ſe paſſer ? Où eſt enfin cette merveilleuſe propriété du reſſort ſpiral, à laquelle il attribue excluſivement la régularité de ſes Montres, & ſans laquelle il penſe qu'on ne fera jamais d'Horloges Marines ? Le reſſort ſpiral lui-même n'eſt pas employé dans la Montre en projet. Enfin je

(*a*) Voyez la *Meſure du Temps en Mer*, page 20 & ſuivantes.

défie qu'on faſſe voir un ſeul trait de reſſemblance, ſoit dans les principes, ſoit dans les moyens, entre la Montre de 1754 & celle de 1770.

Concluons. Si l'on vouloit ſuppoſer que mon Projet de 1754 ne contînt pas la deſcription de mes Horloges Marines actuelles; on ſeroit obligé de convenir auſſi que le Projet de M. L. R. poſtérieur au mien, ne contenoit pas plus la deſcription de ſes Montres actuelles. Abandonnons donc cette premiere époque, par laquelle on peut prouver ſeulement que mon Projet étoit antérieur au ſien, & prenons une époque plus rapprochée; celle où l'un & l'autre nous avons produit au jour la premiere Horloge Marine que nous ayons exécutée.

M. L. R. n'exigera pas ſans doute que nous faſſions entrer en ligne de compte une prétendue Montre Marine de laquelle M. *de Petitmont*, demeurant à *Montfort-Lamaury*, *ſe rappelle bien* (*dans le mois de Juin* 1773) *que M. L. R. lui avoit parlé en* 1756, *&c.* (*a*). On ne doute pas que dans ce temps, M. L. R. n'eût en effet montré à M. *de Petitmont* une Montre qu'il lui a dit être une Montre Marine; mais il paroît que l'Auteur lui-même ne l'a jamais regardée comme telle; c'eſt aujourd'hui pour la premiere fois, qu'il nous en parle: voici même ce qu'il fit imprimer dans ſes *Etrennes Chronométriques* (*b*), de 1759, c'eſt-à-dire, trois ans après l'exécution de cette prétendue Montre Marine: *Toutes les tentatives*, dit-il, *qu'on a faites juſqu'ici pour acquérir en mer une juſte meſure du Temps, n'ont point répondu au deſſein de leur Auteur.* C'eſt ainſi que M. L. R. penſoit en 1759: ce n'eſt qu'en 1773 qu'il s'eſt enfin rappellé, & qu'il voudroit perſuader au Public que, dès 1756, il avoit déja fait une Montre *Marine:* comment ne s'en ſouvenoit-il pas en 1759?

Seroit-ce une conjecture trop haſardée, de ſuppoſer que, dans ce temps, M. L. R. ne s'occupoit pas d'Horloges Marines? & que, comme mon Projet de 1754 lui avoit donné

(*a*) Voyez cette Lettre de M. de *Petitmont*, donnée comme un piéce juſtificative à la ſuite du *Précis*, page 44.

(*b*) Voyez les *Etrennes Chronométriques* pour l'année 1759, par M. L. R. l'aîné, Horloger du Roi, aux Galleries du Louvre, *page* 48.

l'idée d'en dépoſer un en concurrence, un mois après que le mien eut été dépoſé ; de même une premiere Horloge Marine que j'avois déja exécutée au commencement de 1761, & qui fut examinée par toute l'Académie (*a*) le 16 Avril 1763, réveilla les idées de M. L. R. ſur les Machines propres à meſurer le Temps en mer : au moins eſt-il certain que ce ne fut que le 28 Juin 1763, qu'il demanda à l'Académie des Sciences une copie de ſon Projet de 1754 (*b*) ; & l'on voit, ſelon le Certificat du Secrétaire de l'Académie, en date du 10 Mai 1773 (*c*), que ce ne fut que *le 7 Décembre* 1763, que *M. L. R. préſenta ſa premiere Montre Marine ;* & que *le 18 Août* 1764, *il en préſenta une ſeconde.*

II. ÉPOQUE. *Antériorité d'exécution.*

Voilà donc la *date de la premiere Montre de M. L. R.* fixée, d'après le Certificat de l'Académie des Sciences, *au 7 Décembre* 1763.

Or il m'eſt aiſé de démontrer que *la date de ma premiere Horloge Marine* remonte *au commencement de l'année* 1761 : il me ſuffira, pour le prouver ſans replique, de remettre ſous les yeux du Public une partie de l'Extrait des Regiſtres de l'Académie des Sciences, du 20 Juin 1764, que j'ai fait imprimer en entier dans mon *Traité des Horloges Marines*, (pag. 523 & ſuiv.)

Les Commiſſaires qui avoient été nommés pour faire l'examen particulier de mon Horloge Marine, après que l'examen public en eut été fait par l'Académie, commencent leur Rapport par rendre compte des principes ſur leſquels eſt établie cette Machine : ils en font une deſcription aſſez détaillée ; puis ils continuent : (*d*)

» Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails ſur la » conſtruction & ſur la ſuſpenſion de cette Horloge, parce » qu'elles ont été amplement décrites & détaillées par M. *Ber-* » *thoud*, dans ſon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, préſenté à la Cenſure » en 1761 : il nous ſuffit d'en donner l'idée à ceux qui n'ont pas

(*a*) J'ai déja fait remarquer qu'un des freres de M. L. R. eſt Membre de l'Académie des Sciences depuis l'année 1751.

(*b*) Voyez le Certificat de M. de *Fouchy*, page 48 de l'*Expoſé ſuccinct.*

(*c*) Voyez le Certificat du Secretaire de l'Académie, *page* 45 du *Précis.*

(*d*) Page 526 du *Traité des Horl. Mar.*

» connoiſſance de ſon Ouvrage: *l'exécution* d'ailleurs *ſe trouve* « *parfaitement conforme aux deux Mémoires qu'il avoit dépoſés au* » *Secrétariat de l'Académie, le* 13 *Décembre* 1760, *& le* 28 *Février* » 1761. Jaloux de conſerver la date de ſon invention ; & à juſte » titre, M. *Berthoud* nous a prié d'expoſer à l'Académie dans » ce Rapport, que *ſon Horloge Marine étoit achevée au commen-* » *cement de* 1761 ; qu'il l'a fit voir *alors* à M. *de la Lande*, ainſi » qu'à M. *de Bory*, Capitaine des Vaiſſeaux du Roi ; que cet » Officier le preſſa de la lui confier pour l'éprouver dans le cours » du Voyage qu'il alloit faire à Saint-Domingue ; que M. *le* » *Chevalier Turgot*, aujourd'hui Gouverneur de Cayenne, & M. » *Turgot* ſon frere, Intendant de Limoges, alors Maître des » Requêtes, la virent auſſi dans le même temps à peine achevée, » de même que le ſieur *Romilly*, célèbre Horloger, dont le » jugement lui fut très-favorable. *Cette même Machine fut pré-* » *ſentée à l'Académie, & dépoſée chez M. de Mairan, l'un de* » *nous, le* 16 *Avril* 1763, *avant le départ de M. Berthoud pour* » *l'Angleterre*, après qu'il eut été choiſi par l'Académie, & en- » voyé à Londres par Sa Majeſté, avec M. *Camus*, pour pren- » dre connoiſſance des découvertes faites par M. *Harriſon* ſur la » même matiere ; mais l'*Objet de ce Voyage n'a point été rempli :* » ainſi *l'on ne peut ſoupçonner M. Berthoud d'avoir profité des inven-* » *tions de l'Auteur Anglois, puiſqu'elles ſont encore tenues ſecretes :* » nous pouvons certifier d'ailleurs *qu'il n'a pu faire aucun change-* » *ment à ſa Machine depuis ſon retour d'Angleterre*, puiſqu'elle » eſt reſtée fermée de nos cachets, juſqu'au temps où nous avons » fait l'examen détaillé dans ce Rapport (*a*). Nous ne devons « pas ometre que, *dès le* 20 *Novembre* 1754, *M. Berthoud avoit* » *dépoſé au Secrétariat de l'Académie un premier Projet d'Horloge*

(*a*) On doit obſerver que je n'ai été en Angleterre qu'après le 16 Avril 1763, c'eſt-à-dire, 4 mois après la publication de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, dans lequel ſe trouve le plan détaillé, les deſſins, les deſcriptions, &c. de ma premiere Horloge, & que l'Académie a certifié que l'exécution étoit parfaitement conforme aux plans que j'en avois donnés : le Voyage d'Angleterre n'a donc pu me fournir aucune idée dont j'aie pu faire uſage dans ma premiere Horloge : or je ferai voir que mes dernieres Horloges ne different en rien de cette premiere, quant aux principes & à la diſpoſition même des parties conſtitutives d'une Horloge Marine.

» *Marine*, où l'on voit qu'il s'appliquoit dès-lors de cette impor-
» tante recherche. Nous n'oſons pas encore prononcer qu'il ait
» réuſſi; mais *nous pouvons aſſurer que ſon Horloge eſt conſtruite*
» *ſur d'excellents principes; que nous ne connoiſſons aucunes pièces*
» *d'Horlogerie où l'on ait employé plus de précautions & choiſi de*
» *meilleurs moyens, pour aſſurer la juſteſſe de ſes mouvements, &*
» *prévenir les dérangements de toute eſpece:* ainſi nous croyons
» qu'elle mérite l'attention du Miniſtere, & qu'*il ſeroit à pro-*
» *pos de la faire éprouver en mer*, l'objet étant fort important
» pour la détermination des Longitudes: quand elle ne donne-
» roit pas encore la préciſion néceſſaire, un Voyage ſur mer met-
» troit du moins l'Auteur à portée de connoître ce qui peut
» manquer à ſa perfection, pour y faire les corrections conve-
» nables. *Il ſeroit à ſouhaiter que cette Horloge fût un peu moins*
» *volumineuſe: M. Berthoud* nous a dit en avoir fait deux autres
» beaucoup plus petites, *conſtruites ſur les mêmes principes que la*
» *premiere*, mais différentes à quelques égards: il compte les pré-
« ſenter inceſſamment à l'Académie, & les eſſayer avec celle-
» ci, lorſqu'il aura reçu des ordres à ce ſujet, &c. ».

Il eſt donc prouvé que ma premiere Horloge Marine, jugée digne de l'attention du Miniſtere par l'Académie, jugée digne d'être éprouvée en mer comme conſtruite ſur d'excellents principes, &c; il eſt prouvé, dis-je, que *cette Horloge étoit exécutée dès le commencement de* 1761; & que *le* 16 *d'Avril* 1763, *elle fut expoſée aux yeux de toute l'Académie* qui en examina tous les détails. J'admets que rien n'ait pu en tranſpirer; j'admets que, par cette voie, M. L. R. n'ait pu avoir aucune connoiſſance de cette Machine: au moins conviendra-t-il qu'il a pu en voir tous les détails dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie.* Cet Ouvrage étoit public depuis le commencement de Janvier de l'année 1763 (*a*): on y trouve la démonſtration des principes ſur leſquels doivent être conſtruites les Horloges Marines, grand nombre d'expériences ſur les parties conſtitutives de ces Machines, enfin les deſcriptions, les plans, les deſſins, les développements, les

(*a*) Le Mercure de France du mois de Février 1763, donnoit déja l'Extrait de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie.*

dimenſions de ma premiere Horloge, certifiés par l'Académie *conformes à l'exécution*, & le projet de deux autres Horloges qui n'étoient pas encore exécutées. Ce n'eſt que *le 7 Décembre* 1763, c'eſt-à-dire, *onze mois après la publication de cet Ouvrage*, que M. L. R. *préſenta à l'Académie ſa premiere Montre Marine* (*a*): s'il ſe trouve des points de reſſemblance entre la Montre de M. L. R. & les Horloges Marines qui ſont décrites dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*; ſi nos principes ſont quelquefois les mêmes; ſi quelquefois nous employons des moyens ſemblables; je le demande: *qui de nous deux eſt le Copiſte?*

J'oſe avancer que ſi le volume trop conſidérable de ma premiere Horloge ne m'eût décidé à l'abandonner pour en conſtruire ſur les mêmes principes d'autres moins volumineuſes, cette Machine perfectionnée eût pu le diſputer, pour la régularité, à toutes celles que j'ai faites depuis 1761: car on peut voir, en comparant la Théorie qui eſt dans mon *Eſſai*, à celle qui eſt dans mon *Traité des Horloges Marines*, en comparant les plans & les diſpoſitions des parties eſſentielles de toutes mes Horloges; on peut voir, dis-je,, & je prouverai dans le ſecond Article de ce Mémoire, que je ne me ſuis jamais écarté des principes fondamentaux établis dans mon *Eſſai*; je prouverai que les diſpoſitions des parties conſtitutives ſont toujours les mêmes, que je n'ai fait aucun changement eſſentiel; que je n'ai fait enfin que modifier l'application de mes premiers principes, pour me conformer, autant qu'il étoit poſſible, aux choſes de convenance & de commodité, & ſur-tout au deſir de l'Académie des Sciences, à laquelle le volume de ma premiere Horloge avoit paru trop conſidérable, mais qui d'ailleurs avoit donné à cette Machine les éloges les plus flatteurs, & toute l'approbation qui pouvoit m'engager à continuer mes recherches. C'eſt par le deſir de me conformer aux intentions de cette ſavante Compagnie, que je conſtruiſis mon Horloge N°. 2, & ma Montre Marine N°. 3,

(*a*) M. L. R. dit dans ſon *Expoſé ſuccinct* (page 10) » que c'étoit *vers le milieu* » *de* 1763, qu'il avoit cru approcher du » but, & qu'il avoit préſenté à l'Académie » une Montre ou Pendule Marine de trois » pieds de longueur, mais que, dès l'année » ſuivante, il en fit une d'un pied & demie».

Peut-on dire que le 7 *Décembre* ſoit *le milieu de l'année?* Eſt-ce ici le cas où une *antidate* peut être permiſe?

dont on trouve la deſcription & les deſſins dans mon *Traité des Horloges Marines*, ainſi que ceux de pluſieurs autres Machines, dont l'exécution a ſuivi celle des premieres (*a*).

Singuliere déclaration de M. L. R.

Quand M. L. R. livra ſes Montres Marines pour l'épreuve qui en fut faite ſur l'*Aurore* en 1767, il fit une déclaration qui mérite d'être remarquée, & qui prouvera qu'il n'eſt pas auſſi indifférent ſur l'ancienneté des recherches qu'il veut nous le faire entendre dans ſon *Précis*; & que, dans tous les temps, il a cru pouvoir ſe permettre quelque artifice innocent pour établir ſa prétendue ancienneté. On trouve cette déclaration dans le *Voyage de M. le Marquis de Courtanvaux*, page 78. M. L. R. » nous a déclaré (eſt-il dit) que cette Montre étoit le fruit de » 25 années de travaux, de recherches & de réflexions de ſa » part; que dès 1750 (*on a vu que ce n'eſt que le* 18 *Décembre* 1754); il avoit dépoſé ſous un papier cacheté, au Secré» tariat de l'Académie, le Projet d'une Montre *ſemblable*, con» tenant pluſieurs des principes & méthodes employés dans » cette derniere; qu'en 1764, il avoit préſenté à l'Académie *ce* » *Projet exécuté* avec divers changements, &c. ». Je crois avoir prouvé aſſez clairement qu'il n'exiſte pas une trace de l'ancienne Montre projettée, dans les nouvelles qui ont été exécutées; j'aurai occaſion, dans le cours de ce Mémoire, d'étendre ces preuves, & de démontrer la différence entiere dans toutes les parties qui conſtituent une Montre Marine. Si M. L. R. eût voulu mettre en exécution le Projet de 1754; ſi ſes Montres Marines actuelles étoient fondées ſur les propriétés d'un *Remontoir*, d'un *Reſſort droit réglant*, d'un *Régulateur à lentille*, d'un *Echappement à roue de Rencontre*, &c. je ne ſerois pas dans le cas de lui faire une réponſe.

III. ÉPOQUE.

Antériorité d'Epreuve.

Il me reſte à prouver que la premiere Horloge à Longitudes qui ait été éprouvée en France, eſt ma Montre Marine N°. 3.

M. L. R. s'eſt perſuadé qu'il pourroit en impoſer au Public

(*a*) M. L. R. dit dans ſon *Précis*, page 12 : » Je ne parlerai point des treize Hor» loges Marines que M. B. a inventées & » qui compoſent ce Volume (*le Traité des* » *Horloges Marines*); *pluſieurs n'ont exiſté* » *que dans ſon imagination* ». Il eſt vrai que des *treize* Horloges décrites dans mon *Traité*, il n'y en a que *onze* qui ſoient exécutées.

en

en disant (page 7 du Précis) que l'*expédition aussi glorieuse que mémorable de M. le Marquis de Courtanvaux sur la Frégate l'Aurore, armée à ses frais en 1767, prouvera à jamais, d'une maniere irréfragable, que M. L. R. est le premier en France qui ait porté les Montres Marines au degré de justesse desiré.*

J'admire avec tout le monde le zèle éclairé de M. le Marquis de Courtanvaux; mais je me réserve de prouver que, dans cette premiere Epreuve, & même dans la seconde qui s'est faite en 1768, les Montres de M. L. R. n'étoient pas encore portées au degré de justesse desiré: mais il ne s'agit ici que de l'ancienneté des Epreuves. L'Auteur du *Précis* me paroît avoir eu une distraction un peu forte: il rapporte bien la premiere Epreuve de sa Montre faite en 1767; mais il ne fait aucune mention de la premiere Epreuve de ma Montre Marine N°. 3, faite en 1764. Cependant au mois de Septembre 1764, S. M. fit armer exprès au Port de *Brest*, la Corvette l'*Hirondelle*, dont elle donna le commandement à M. *le Chevalier de Goimpy*: M. *Duhamel du Monceau*, & M. l'Abbé *Chappe*, de l'Académie des Sciences, furent nommés par le Roi, pour faire sur ce Bâtiment, conjointement avec M. de *Goimpy*, l'épreuve de ma Montre Marine N°. 3: cette épreuve fut faite, & M. l'Abbé *Chappe* en rendit compte à l'Académie dans l'Assemblée publique du 14 Novembre 1764. Il est vrai que ce Rapport n'a point été imprimé dans les Mémoires de l'Académie: M. L. R. pourroit savoir pourquoi il ne l'a pas été: pour moi, je l'ignore, & veux l'ignorer toujours. Cette même Montre N°. 3, a servi depuis à M. l'Abbé *Chappe*, dans son *Voyage en Californie*, & a donné les Longitudes à une très-grande précision après des traversées fort orageuses de 75 & de 37 jours: on peut s'en assurer en jettant les yeux sur la relation de ce Voyage (*a*).

(*a*) Voyez le *Voyage en Californie*, *&c.* A Paris chez Jombert 1773, *page* 102. Quoique le rédacteur du Voyage de M. l'Abbé *Chappe*, ait cru ne devoir pas dire que la Montre dont cet Astronome s'est servi dans son Voyage, étoit une de mes Horloges; il n'en est pas moins vrai que c'étoit ma Montre Marine N°. 3, la même qui avoit été éprouvée à Brest en 1764, comme il conste par le Certificat de M. l'Abbé *Chappe*. Voyez le *Traité des Horloges Marines*, page 545.

L'épreuve de la Montre Marine de M. L. R., faite en 1767, n'eſt donc pas la premiere épreuve qui ait été faite en France, d'une Machine propre à meſurer le temps en mer; je crois bien que M. L. R. voudroit qu'on oubliât la premiere épreuve de ma Montre Marine N°. 3, faite à Breſt en 1764; mais il ne peut pas faire que cette épreuve n'ait pas été faite.

On vient de voir combien peu M. L. R. eſt heureux dans les efforts qu'il fait pour aſſurer ſon uſurpation; arrêtons-nous un moment pour renverſer les appuis que d'autres ont voulu lui prêter.

L'Auteur du *Voyage fait par ordre du Roi en* 1768, *pour éprouver ſur l'Enjouée les Montres de M. L. R.*, s'exprime ainſi dans ſon *Avant-propos*, page ij (*a*). » *Le premier Voyage entrepris* » *en France pour la vérification des Montres Marines, eſt dû à M.* » *le Marquis de Courtanvaux, &c.* ». Le Paragraphe ſuivant contient ce qui ſuit : *Peu de temps auparavant, M. le Duc de Choiſeul avoit procuré à M. Berthoud la facilité de faire à Breſt différents eſſais de ſa Montre ſur la mer.*

Je ne ſuppoſerai pas que l'Auteur ait voulu laiſſer douter que j'euſſe fait uſage des facilités que le Miniſtere m'avoit procurées; mais en me contentant de faire appercevoir tout le louche de ces expreſſions, je ne dois pas négliger d'en relever ce qui peut concerner les dates & la validité de l'Epreuve. Que veut-il dire en s'exprimant ainſi : *faire, à Breſt, des eſſais d'une Montre ſur la mer?* Ne croiroit-on pas que ma Montre N°. 3, dont il veut parler, a été éprouvée dans la Rade de Breſt, ſur un bateau? Il faut convenir que c'eſt prendre une ſinguliere tournure pour donner à M. L. R. la *priorité d'Epreuve :* en effet, ſi l'on eut dit que ma Montre avoit été *éprouvée;* comme mon épreuve eſt antérieure à celle de M. L. R. on n'eut pas pu mettre la ſienne en premiere ligne. Mais je dois faire remarquer encore avec quel art les dates ſont rapprochées : ce ne fut, eſt-il dit, que *peu de temps auparavant* l'Epreuve de M. L. R. que M. Berthoud eut la facilité de faire à Breſt différents eſſais de ſa Montre ſur la mer : je conviens qu'en effet, entre l'Epreuve de ma

(*a*) Imprimé chez Charles-Antoine Jombert. *Paris*, 1770.

Montre, & la premiere Epreuve de la Montre de M. L. R., il ne s'eſt écoulé que *trois ans*, comme il ne s'étoit écoulé auſſi que *trois ans* entre l'exécution terminée de ma premiere Horloge Marine & l'exécution de la premiere Montre de M. L. R.

En réſumant les différentes queſtions agitées dans ce premier Article, nous conclurons que, ſi l'ancienneté des recherches peut être un mérite, j'ai cet avantage ſur M. L. R.; j'ai ſur lui l'antériorité de *Projet*, l'antériorité d'*Exécution*, l'antériorité d'*Epreuve*.

ARTICLE SECOND.

Des prétentions mal fondées de M. L. R. concernant l'invention des différentes parties qui conſtituent une Horloge Marine.

Quand on lit les Ouvrages de *Sully*, on voit que la rouille de l'envie s'étoit attachée à ſes productions; mais elle ne put en ternir l'éclat, ni lui en ravir l'honneur. Je n'ai pas ſon génie; & j'éprouve un ſort pareil: comme lui, on cherche à me dépouiller. J'ai bien moins à perdre que ce célèbre Artiſte; mais je tâcherai de défendre avec la même modération, le peu que je poſſede, & qu'on veut me diſputer. J'ai trouvé tant de conformité entre ſa poſition & la mienne, un accord ſi parfait entre ſa maniere de penſer & celle que j'ai toujours eue, ſur ce qu'on appelle la *gloire de l'invention*, que je ne ſaurois mieux faire que de remettre ſous les yeux du Public les réflexions qu'il avoit miſes à la tête de l'*Eclairciſſement ſur ce qui regarde l'invention de ſa Pendule à levier*, ou ſon Horloge Marine; *& ſur les jugements qui en avoient été portés* (*Deſcript. abr. d'une Horl. &c. Paris, chez* Briaſſon, 1726, *pag.* 254).

» Les hommes (c'eſt Sully qui parle) les hommes ne créent » rien; ils amaſſent des idées par l'uſage des ſens & de leur » eſprit: il n'y a d'eux, dans leurs ouvrages, que l'arrange- » ment qu'ils ſavent y mettre; & cet arrangement, lorſqu'il eſt » particulier & diſtingué de tout autre, s'appelle *Invention*.

» L'invention conſiſte à ſavoir également choiſir, rejetter, » combiner, ſéparer, édifier & détruire; elle n'a de mérite » que par rapport à la ſagacité ou à l'adreſſe que l'invention » demande, & que l'Auteur fait paroître.

» Une certaine aptitude, qui ſert de baſe à tous les talents, » eſt conſtamment un préſent de la Nature; il n'y entre de la » part de celui qui les poſſede, tout au plus que la maniere » d'employer ces talents, de les cultiver, de les faire valoir; » peut-être encore, de cette maniere, il n'y a que très-peu » du nôtre: l'amour-propre groſſit les objets; mais s'il en reſte » aſſez pour exciter les hommes à bien faire, il en reſte trop » peu pour leur inſpirer de la vanité.

» Sur ces principes, il n'y a rien dont les hommes puiſſent » légitimement tirer vanité: il s'enſuit qu'on devroit être aſſez » indifférent ſur la propriété de ces biens qu'on appelle d'*In-* » *vention*, biens très-ſujets à l'uſurpation, qu'on ne poſſede » jamais ſans exciter l'envie, & qu'on ne peut guere conſerver » ſans de bons titres. Cependant on ne voit guere de cette indif- » férence philoſophique, lorſqu'il eſt queſtion de diſputer ſes » titres à ceux qui les ont ravis, ou de les défendre contre tout » ce qui tend à dépouiller le légitime poſſeſſeur. Quelquefois » l'intérêt qu'on a d'être reconnu pour l'Inventeur des choſes » utiles, ſe trouve joint à l'honneur de l'être: cette circonſtance » fait changer la choſe de nature: c'eſt alors un tréſor qu'on » trouve en fouillant ſur ſes terres; & il eſt permis de repouſſer » ceux qui viennent nous l'enlever.

» Tous les honnêtes gens conviennent que le caractere de » *Plagiaire*, même des morts, eſt très-mépriſable; & que de » vouloir s'emparer des fruits du génie & des veilles de ſes » Contemporains, eſt inſolent & odieux: comme je ſuis en- » nemi de ces indignes pratiques, & que je ſerois très-mortifié » d'en être ſeulement ſoupçonné; je prend la liberté de décla- » rer que je ne veux prendre le bien de perſonne, ni me parer » des plumes d'autrui; que je conſerverai de mon mieux ce qui » me reſte du mien, & ce qui pourra m'écheoir à l'avenir; & » que je reprendrai ce qui m'appartient par-tout où je le » trouverai.

» Ce n'eſt pas que je ſois ſi avide du nom d'*Inventeur :* je » n'en fais cas, qu'autant que la choſe inventée eſt de quelque » utilité ; & pour ne m'y point tromper, j'expoſe mes idées aux » Savans pour qu'ils me jugent. Et s'il m'arrive de vouloir re- » prendre quelque choſe de cette eſpèce qu'on m'auroit déja » enlevé, je produirai de ſi bons titres, & je m'y prendrai aſſez » honnêtement, pour que les perſonnes que j'oblige à reſtitution » ne trouvent rien à redire à ma maniere d'agir. «

Tels étoient les ſentimens de Sully ; tels ſont les miens : c'eſt dans cet eſprit que je vais examiner les prétentions de M. L. R. concernant l'Invention des différentes parties qui conſtituent une Machine propre à meſurer & à garder le Temps en mer. Je diviſerai cet Article en deux Sections : dans la premiere, je prouverai que je n'ai pas pu copier M. L. R. : dans la ſeconde, je prouverai qu'il a pu me copier, & qu'il m'a copié.

SECTION PREMIERE.

Je n'ai pas pu copier M. L. R.

ON n'a pas pu copier, quand on a produit un Ouvrage antérieur de pluſieurs années à l'Ouvrage prétendu copié.

On n'a pas pu copier ce qu'on n'a pas pu connoître.

Une de ces deux propoſitions prouvées ſerviroit ſans doute pour prouver l'autre ; mais je ne crains pas de fournir une ſurabondance de preuves particulieres, dont chacune priſe ſéparément ſuffiroit ſeule pour démontrer que je n'ai pas pu être le Copiſte de M. L. R.

Mon Horloge Marine N°. 1, étoit exécutée *dès le commencement de l'année* 1761, comme on l'a vu dans le Rapport de l'Académie des Sciences (ci-devant *page* 20) : les principes ſur leſquels cette Machine eſt établie, les expériences qui ont ſervi à prouver les principes, les plans généraux, les développemens de toutes les parties, &c. ont été donnés dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, qui a été publié au *commencement*

de 1763, & qui étoit à la Cenſure *depuis* 1761, comme on peut le voir par l'Approbation du Cenſeur, & par le Rapport même de l'Académie que j'ai déja cité : j'ai donné encore dans le même Ouvrage, la deſcription & les plans de deux autres Horloges Marines que je me propoſois d'exécuter (*a*) : ce n'eſt que *le* 7 *Décembre* 1763, que M. L. R. préſenta une Montre Marine à l'Académie ; ce n'eſt qu'*en* 1768, qu'il en a parlé au Public, pour la premiere fois, dans ſon *Expoſé ſuccinct* ; ce n'eſt qu'*en* 1770, qu'il nous en a donné la deſcription dans ſon Mémoire ſur la *Meſure du Temps en mer :* donc ſi je prouve que mon Horloge N°. 8, (pour ne pas parler des autres) eſt la même, quant aux principes & à la diſpoſition des principales parties, que mon Horloge N°. 1, exécutée en 1761, ou que les deux autres Horloges Marines dont les plans étoient pareillement faits en 1761, & connus en 1763 ; j'aurai prouvé que les principes & la diſpoſition des parties de mon Horloge N°. 8, étoient arrêtés & même publiés *onze mois* avant que M. L. R. eût préſenté ſa premiere Montre, *cinq ans* avant qu'il en eut parlé au Public, & *ſept ans* avant qu'il en eut publié la deſcription ; j'aurai prouvé que je n'ai pas pu copier M. L. R. puiſque les Ouvrages où il eſt queſtion de ſes Montres ſont poſtérieurs de pluſieurs années à la publication de mes premieres Horloges Marines (*b*).

L'Horloge N°. 8, quant aux principes & aux diſpoſitions des parties conſtitutives, ne differe pas de l'Horloge N°. 1, ou des deux autres décrites & publiées en 1763, dans mon *Eſſai*.

Or il m'eſt facile de prouver la conformité des principes, &c. entre mon Horloge actuelle N°. 8, & ma premiere Horloge N°. 1, ou les deux autres décrites & publiées en 1763 dans mon *Eſſai ;* & il eſt ſi vrai que ces principes n'ont pas varié, que ceux que j'ai donnés, en 1773, dans mon *Traité des Horloges Marines* ſont extraits de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, comme

(*a*) *Voyez* les Chap. XLIV. N°. 2210 *& ſuiv.* N°. 2242. Planches XXXIV & XXXV, de *l'Eſſai ſur l'Horlogerie.*

(*b*) M. L. R. dit qu'en 1766, il fit voir ſa Montre au Roi & à toute la Cour à Bellevue ; on ne croira pas ſans doute qu'aucun des Seigneurs qui l'ont examinée ait pu me rendre compte des principes cachés & du mécaniſme de cette Montre ; mais quand on voudroit le ſuppoſer, il faudra toujours convenir que la publication de mon Horloge N°. 1, & des deux autres de mon *Eſſai*, deſquelles le N°. 8, ne differe pas, avoit été faite trois ans avant que M. L. R. fît voir ſa Montre à Bellevue.

j'ai eu ſoin d'en avertir dans mon *Traité*. Il eſt néceſſaire d'entrer dans quelques détails.

Premier principe ſervant à établir la nature du meilleur *Régulateur*.

Je n'ai jamais varié dans les principes.

Sans la réſiſtance de l'air & des frottemens, un Régulateur quelconque, étant une fois mis en mouvement, s'y conſerveroit éternellement.

Eſſai N°. 1533, 1534, 1820 & 1821. *Traité des Horloges Marines* N°. 72, & ci-après, pièces juſtificatives N°. 1.

Une ſuite de ce principe, & qui eſt elle-même un principe fondamental pour une Machine qui meſure le Temps, c'eſt que le Régulateur (*Pendule* dans une Horloge Aſtronomique, *Balancier* dans une Horloge Marine) étant mis en mouvement, il ſoit diſpoſé pour conſerver ce mouvement le plus long-temps poſſible, ſans qu'aucun agent extérieur le lui reſtitue. (*Eſſai* N°. 1820, 1821. *Traité des Horloges Marines* N°. 73. *Pièces juſtificatives* N°. 2.

Pour procurer au Régulateur de mes Horloges cette propriété qui eſt la baſe de la juſte meſure du Temps, j'ai prouvé qu'il faut que le Régulateur (ſoit d'une Horloge Aſtronomique, ſoit d'une Horloge Marine) ait *la plus grande force de mouvement*, & *que ſes frottemens ſoient réduits à la plus petite quantité poſſible*; que, pour cet effet, il faut que le *Balancier*, dans une Horloge Marine, *ſoit d'un grand diametre* (Eſſai N°. 1825 & 2095, Traité des Horloges Marines N°. 89, 358. *Piec. juſtif.* 8, 26; *qu'il faſſe des vibrations lentes* (Eſſai N°. 2120, 1825, Traité des Horloges 383, 90, *Piec. juſtif.* 51, 8) *que le Balancier ſoit peſant* (Eſſai 2094, Traité des Horloges Marines 123, *Piec. juſtif.* 25).

Pour réduire les frottemens du Balancier à la plus petite quantité, j'ai montré qu'il falloit que ſa peſanteur fût *ſupportée par un reſſort* (Eſſai 2095, 2100, Traité des Horloges 124, *Piec. juſt.* 26, 31.

Pour que les agitations du Vaiſſeau puiſſent moins troubler les oſcillations du Régulateur, j'ai prouvé qu'il falloit que le Balancier fût *horizontal*. (Eſſai 2099, Traité des Horloges Marines 103, *Piec. juſt.* 30.)

J'ai fait voir que le *Reſſort Spiral* étoit le ſeul agent propre à tenir lieu dans le Balancier, de la propriété de la peſanteur, laquelle dans le Pendule produit les oſcillations (Eſſai 2096, Traité des Horloges Marines 28 & 359, *Piec. juſtif.* 27); j'ai indiqué les *qualités que doit avoir le Reſſort Spiral*, pour qu'il ait la plus grand élaſticité & qu'il la conſerve. (Eſſai 1818, 2105, 2107, 2108, 2109, 2168, Traité des Horloges Marines 161, 162, 1297, 1298. *Piec. juſtif.* 36, 38, 39, 40, &c.

Je me contente de donner cette indication très-ſuccinête des principes du Régulateur : on peut en voir les détails dans mes Ouvrages, aux Articles cités : je vais donner de même un apperçu des moyens que j'ai employés pour parvenir à l'*iſocroniſme des vibrations*, dans l'Horloge N°. 1. 1°. Pour corriger les inégalités de la force motrice, les réſiſtances des huiles épaiſſies, &c. j'ai propoſé un échappement iſochrone (Eſſai 2116, 2180. *Traité des Horl.* 379, 435, *Piec. juſtif.* 47). 2°. Pour empêcher l'inégalité des arcs de vibration, cauſée par les agitations du Vaiſſeau, j'ai employé deux Balanciers (Eſſai 2097. *Traité des Horl.* 360, *Piec. juſtif.* 28) : par ces deux moyens, les oſcillations du Régulateur conſervoient leur iſochroniſme dans tous les cas.

Dans le même *Eſſai ſur l'Horlogerie*, (Chap. XLIV, ſeconde Partie,) j'ai donné la deſcription de deux Horloges, dans leſquelles j'emploie un *Poids* pour force motrice ; j'y détaille les raiſons qui me font donner la préférence au poids ſur le Reſſort : par ce moyen, le Balancier décrira toujours ſenſiblement des arcs de même étendue, & par conſéquent de même durée ; j'ai fait uſage du poids dans mon Horloge N°. 8, Traité des Horloges Marines 306, *Eſſai* 2211, *Piec. juſtif.* 60, 61.

J'ai prouvé que la juſteſſe d'une Horloge dépend de la grande différence qu'on établit entre la force de mouvement propre du Régulateur, & celle qui lui eſt tranſmiſe par la force motrice (Eſſai 2090, 2113, 1539. Traité des Horloges Marines 320. *Piec. juſtif.* 22, 44.

J'ai fait voir que, pour *diminuer les frottemens du Rouage*, il falloit que les roues fuſſent placées horizontalement, & que les

les bouts des pivots roulaſſent ſur des coquerets d'acier ; & que, pour réduire encore mieux les frottemens, il falloit répartir également ſur chaque pivot la preſſion qui ſe fait ſur les pignons (Eſſai 2119, 941, 2299. Traité des Horloges Marines 299, 382, Pièc. juſtif. 50.)

Pour *corriger les effets de la chaleur & du froid* ſur le Régulateur de l'Horloge, j'ai propoſé & employé un *méchaniſme de compenſation*, dont l'effet eſt tel qu'à meſure que la chaleur dilate le Balancier, & affoiblit le Reſſort Spiral, & que par conſéquent l'Horloge retarde, la même chaleur agit ſur le méchaniſme de compenſation, &, en raccourciſſant le Spiral, accélére les vibrations, de toute la quantité dont elles doivent être retardées par la chaleur (Eſſai 2096, 2121. Traité des Horloges Marines 262, 263, 264, Pièc. juſtif. 52.)

Enfin, pour empêcher que les agitations du Vaiſſeau ne changent la poſition horizontale de l'Horloge, la ſeule qu'elle doive avoir, j'ai propoſé la *ſuſpenſion* de *Cardan* perfectionnée, & diſpoſée de maniere que les Horloges ne ſoient jamais dans le cas d'oſciller : à quoi je ſuis parvenu en ménageant des frottemens doux & à reſſort ſur les pivots de la ſuſpenſion, &c. (Eſſai 2098, 2101, & autres. Traité des Horloges Marines N°. 324, Pièc. juſtif. 29, 32, &c.)

Telle eſt en raccourci, la Théorie ſur laquelle j'ai établi ma premiere Horloge, ainſi que les dernieres que j'ai exécutées : je ne me ſuis jamais écarté de ces principes. Je n'ai pu les indiquer ici que très-imparfaitement : il eut fallu, pour ſe former une juſte idée de ma théorie, rapporter les principes ſur leſquels j'ai établi, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, la juſteſſe des Horloges Aſtronomiques ; puiſque j'ai dirigé mes recherches ſur les Horloges Marines, d'après les principes qui conſtituent la régularité des premieres. (Voyez Eſſai 2080 : Trait. des Horl. 73, 343, Pièc. juſtif. 12.) Il eut fallu y joindre toute la théorie que j'avois établie ſur le Balancier, celle des frottemens, celle des réſiſtances des huiles, &c. toutes confirmées par un grand nombre d'expériences ; en un mot, il eut fallu tranſcrire en entier le ſecond volume de mon *Eſſai*. Je me contenterai de joindre à ces

Eclairciſſements, en forme d'Appendice, quelques extraits de mon *Eſſai*, en indiquant les Articles correſpondans dans mon *Traité des Horloges Marines* : tout Lecteur impartial reconnoîtra la parfaite conformité de principes entre mon Horloge N°. 1, exécutée avant 1761, & toutes celles que j'ai conſtruites depuis cette époque ; j'oſe croire auſſi que l'on conviendra, qu'avec des pareils ſecours, je n'ai eu beſoin de copier perſonne, pour parvenir à conſtruire des Horloges Marines.

Je n'ai jamais varié dans la diſpoſition des parties conſtitutives d'une Horloge Marine.

Mais ce n'eſt pas aſſez d'avoir prouvé que je n'ai pas varié ſur les principes d'après leſquels j'ai toujours penſé que devoient être conſtruites des Machines propres à garder le Temps en mer ; je vais prouver encore que la diſpoſition même des parties conſtitutives de mes Horloges Marines n'a jamais varié, & que l'Horloge N°. 8, exécutée en 1768, ne differe pas, à cet égard, de l'Horloge N°. 1, exécutée en 1760, ou des deux autres dont j'avois publié la deſcription & les deſſins, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, au commencement de Janvier 1763. Les plans de ces Machines ſont ſous les yeux du Public : nous allons les comparer.

Une Horloge Marine eſt une Machine compoſée de diverſes parties, dont la réunion forme un ſyſtême de corps : lorſque chaque partie conſtitutive, priſe ſéparément, a été portée au degré de perfection dont elle eſt ſuſceptible ; il eſt abſolument néceſſaire de faire régner entre toutes les parties une correſpondance continue, une harmonie qui peut ſeule procurer la juſteſſe qu'on exige dans des Machines propres à garder le Temps en mer ; & l'on ſe tromperoit étrangement, ſi l'on pouvoit penſer qu'aucune de ces parties iſolées ſoit capable de donner elle ſeule la juſteſſe requiſe, excluſivement à toutes les autres parties : ce n'eſt ni par l'échappement pris ſéparément, de quelque nature qu'il puiſſe être, ni par une propriété quelconque du Reſſort Spiral, &c. qu'on peut parvenir à donner à une Horloge Marine, la perfection qu'exige ſon uſage : il faut, ſi je puis le dire, que toutes les parties s'identifient, pour ne former qu'un tout homogene & invariable.

Du Régulateur

Mais ſi, dans le nombre des parties conſtitutives qui compoſent le ſyſtême d'une Horloge Marine, il en eſt quelqu'une

qui influe plus particuliérement ſur la juſteſſe de l'Horloge ; c'eſt ſans contredit le Régulateur : c'eſt une vérité ſur laquelle j'ai inſiſté dans tous mes Ouvrages, & qui eſt reconnue aujourd'hui de tous les Savans & de tous les Artiſtes. Or cette partie ſi eſſentielle ne differe en rien dans mon Horloge N°. 8, de ce qu'elle étoit dans les Horloges dont j'ai donné la deſcription dans mon *Eſſai*.

1°. Le Régulateur du N°. 8, eſt formé d'*un ſeul Balancier peſant, horizontal, & ſuſpendu par un Reſſort*, faiſant une vibration par ſeconde (Traité des Horloges Marines Planche XVIII); il eſt donc parfaitement de même *genre* que ceux de mon Horloge N°. 1 ; mais il n'eſt pas d'un auſſi grand volume ; parce que je reconnus auſſi-tôt après que mon N°. 1 fût exécuté, que ſes Balanciers pouvoient être réduits, & qu'on pouvoit n'en employer qu'un ſeul. (On peut voir ſur cet article mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 2223). Le Balancier de l'Horloge N°. 8, eſt conforme, pour ſes dimenſions, ſa diſpoſition, &c. à celui des deux Horloges qui ſont projetées & décrites dans mon *Eſſai* (Chap. XLIV, pages 286 & 297, &c. de la deuxieme Partie.)

2°. Si je n'avois pas employé les rouleaux de *Sully*, dans mon Horloge N°. 1, ce n'eſt pas que je n'en connuſſe l'application, puiſque j'en avois fait uſage pour la Machine qui a ſervi à mes expériences ſur les vibrations du Balancier (voyez N°. 512, de l'*Eſſai*, & la Planche XVIII); mais je voulus éviter le travail de douze rouleaux qui étoient néceſſaires pour les deux Balanciers que j'employois dans cette Horloge. On peut voir dans le Mémoire que je dépoſai à l'Académie le 29 Août 1764, que des 1763, j'avois fait uſage des rouleaux dans mes Horloges Marines N°. 2 & N°. 3. Voici ce que j'en diſois dans ce Mémoire paraphé par le Secrétaire de l'Académie, dont j'ai donné une copie dans mon *Traité des Horloges Marines*, page 529 : *je penſai dès lors à revenir à un moyen que j'avois tenté, il y a plus de dix ans* (en 1754) ; *c'étoit de faire rouler mes Balanciers entre des rouleaux*, &c. & en parlant de ma Montre Marine N°. 3, il eſt dit pareillement (page 532, du Traité des Horloges Marines) : *appuyé ſur les expériences que m'avoient*

Des Rouleaux

fourni la Machine décrite dans mon Eſſai (Planche XVIII , Figures 13 & 14) *je fis rouler ſur ſix rouleaux l'axe de Balancier qui ſert de Pivots.* On voit donc que je connoiſſois l'uſage des rouleaux depuis 1754 , & que je les avois employés dans mon Horloge N°. 2 , & dans ma Montre Marine N°. 3 , qui fut éprouvée en 1764 , & qui étoit exécutée en 1763. Je n'ai donc pu en prendre l'idée de M. L. R. qui n'a préſenté ſa Montre au Roi , qu'en 1766 ; n'en a parlé qu'en 1768 ; n'en a donné la deſcription qu'en 1770.

Du Moteur. Le *Moteur* de l'Horloge N°. 8 , eſt un *Poids* , diſpoſé comme celui des Horloges qui ſont décrites dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* (Chapitre XLIV , ſeconde Partie N°. 2217 , 2235 & ſuiv. Planches XXXIV & XXXV.) Je ne puis me diſpenſer de relever ici un manque d'exactitude de M. L. R. , qui voudroit attribuer à *Huyghens* le premier emploi du *poids* comme Moteur d'une Horloge Marine (page 30 du *Précis.*) M. *Huyghens* , comme on peut le voir dans ſon Ouvrage , *de Horologio oſcillatorio* , avoit employé pour Moteur *un grand Reſſort* qui remontoit un petit poids à chaque demi-minute : ſon Horloge étoit donc *à Remontoir* : le petit poids étoit remonté par le grand Reſſort : le Reſſort étoit donc le Moteur primitif de l'Horloge ; M. *Gourdain* a depuis imité ce remontoir de *Huyghens* (voyez la Regle artificielle du Temps , *page* 414 *& ſuiv.*) Or je n'ai point employé de Remontoir dans les Horloges de mon *Eſſai* ni dans mon Horloge N°. 8 ; le poids eſt l'unique Moteur de ces Machines , comme dans les Horloges Aſtronomiques : je ſuis le premier qui aie oſé le tenter dans les Horloges Marines ; & le ſuccès a pleinement répondu à mon attente. M. L. R. cite encore un de ſes concurrens qui , depuis M. *Huyghens* , a fait uſage du même moyen ; mais la premiere Horloge du concurrent de M. L. R. n'a été préſentée & eſſayée , qu'en 1771 : tandis que mes Horloges N°. 8 ; & N°. 6 , qui ſont à poids , on été éprouvées à la mer , en 1768 ; & que , des 1763 , j'avois publié dans mon *Eſſai* tout le méchaniſme du *poids* qu'on pouvoit employer pour Moteur d'un Horloge Marine. Mais tout ce que M. L. R. n'oſe tenter de s'approprier , il voudroit au moins m'en dépouiller , me

ravir l'honneur de l'invention, ou faire croire que cette invention m'eſt commune avec un autre Artiſte, quoique celui-ci n'ait produit ſon Ouvrage que huit ans après la publication des miens.

De l'Echappement.

L'Echappement de l'Horloge N°. 8, (*Traité des Horloges Marines* N°. 831,) eſt exactement de la même conſtruction que celui de l'Horloge N°. 1. (*Eſſai* N°. 2162 *& ſuiv.*) à cette ſeule différence près qu'au lieu du *Rouleau* qui, dans l'Horloge N°. 1, communique au Balancier l'impulſion du Moteur, dans l'Horloge N°. 8 c'eſt un *Rateau* qui engrene dans un pignon porté par l'axe du Balancier : cette diſpoſition devenoit néceſſaire dans l'Horloge N°. 8, parce que ſon Balancier décrit des arcs de 240 degrés, tandis que ces arcs ne ſont que de 20 ou 30 degrés dans l'Horloge N°. 1. Cette différence même, du *Rateau* ſubſtitué au *Rouleau*, eſt préſentée dans mon *Eſſai* N°. 1932, (& ci-après Pièces juſtif. N°. 80.) Enfin une perfection que j'ai cru devoir ajouter à l'échappement de l'Horloge N°. 8, c'eſt qu'au lieu de faire les palettes de l'Ancre en *Acier*, comme dans l'Horloge N°. 1, je les ai faites en *Rubis* : & en cela je n'ai point cherché, comme le prétend M. L. R., à imiter l'échappement de M. *Harriſon*. L'uſage des Rubis ou autres pierres dures en échappement, eſt connu en France depuis long-temps ; & ſi l'on n'en a pas fait plus d'uſage, on ne peut l'attribuer qu'à la difficulté du travail que j'ai ſu vaincre. Il y a 73 ans que pour la premiere fois, on employa des pierres dures à cet uſage : M. *Sully* (page 248, de la Regle artificielle du Temps) parle d'une Montre dont *les palettes du Balancier étoient formées d'un Diamant* : cette Montre avoit été faite en 1700, par M. *de Beauffre*, Horloger François. *Sully* a fait uſage de cet échappement (qu'il a perfectionné) dans ſa Pendule à Levier, ou Horloge Marine (*a*). M. *Facio*, Genevois, inventa dans le même-temps (en 1700) la maniere de *percer les Rubis* & en fit uſage pour les Montres (*b*) : M. *Sully* & M. *Harriſon*, ont

(*a*) *Voyez* la Deſcription abrégée de ſa Pendule à Levier, &c.

(*b*) *Voyez* la Regle artificielle du Temps, &c. *page* 247.

donc imité M. *de Beauffre*, dans l'emploi des pierres dures, & j'ai cru que j'avois le même droit d'en faire uſage ; mais l'application que M. *Harriſon* & moi nous en avons faite eſt abſolument différente. Mon échappement eſt *à Repos*, & d'une conſtruction particuliere qui m'eſt propre : les palettes ſont formées avec des Rubis : l'échappement n'agit pas immédiatement ſur le Balancier ; il y communique par un rateau. L'échappement de M. *Harriſon*, eſt au contraire à *Roue de rencontre*, & par conſéquent *à Recul ;* mais le recul y eſt ménagé de maniere que le dos des palettes porte une courbe rentrante, propre à retarder les grandes vibrations, que M. *Harriſon* a reconnues être plus promptes que les petites. Nos deux échappemens different donc eſſentiellement, autant qu'un échappement *à Repos* differe d'un échappement *à Recul*. Quant à l'emploi que nous avons fait l'un & l'autre des pierres dures, nous avons uſé en cela du droit qu'a tout Artiſte de faire uſage d'une choſe publique, quand elle peut contribuer à la perfection de ſon ouvrage.

Du Méchaniſme de compenſation.

Le *Méchaniſme de compenſation* de mon Horloge N°. 8 ; (*Traité des Horloges Marines* N°. 870,) eſt parfaitement conforme à celui que j'avois employé dans l'Horloge N°. 1, (*Eſſai* N°. 2145,) & à celui des autres Horloges Marines décrites dans mon *Eſſai*. M. L. R. en parlant de ce Méchaniſme, dit que j'ai employé *le Gril de M. Harriſon*. 1°. M. *Harriſon* n'a point fait uſage du gril dans ſa Montre Marine. 2°. Le Chaſſis de compenſation que j'ai imaginé & que j'avois employé dans mon Horloge N°. 1, exécutée en 1760, ainſi que mon Pendule compoſé pour les Horloges Aſtronomiques décrit dans mon *Eſſai*, ſont différens du gril de M. *Harriſon*. 3°. Quand même ils ſe reſſembleroient, je n'aurois pas pu copier l'Artiſte Anglois, puiſqu'il eſt certain que lorſque j'inventai, il y a environ vingt ans, ces deux parties eſſentielles d'une Horloge Aſtronomique & d'une Horloge Marine, je ne connoiſſois ni le nom ni les Horloges de M. *Harriſon*. Je ne puis me diſpenſer de rapporter la déclaration que je faiſois, avant mon premier voyage à Londres, dans l'Introduction de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* (*voyez* le plan de l'Ouvrage à la Note de la

page xxij.) » Mon Horloge Marine (N°. 1,) étoit déja exécutée, » disois-je, lorsque j'ai appris qu'un Horloger de Londres tra- » vailloit depuis long-temps sur le même objet. J'ignore par » quelle voie il a tenté cette recherche ; pour moi, je n'ai » suivi dans tous mes travaux qu'une impulsion naturelle. Je » puis m'être rencontré avec d'autres Artistes ; mais je n'ai ja- » mais cherché à copier qui que ce soit pour m'attribuer l'hon- » neur de ses inventions, &c. ». Pour revenir à mon Méchanisme de compensation, tel que je l'avois employé, soit dans mes Horloges Astronomiques, soit dans mes Horloges Marines, j'avois fait mes Chassis composés tels qu'ils sont représentés dans mon *Essai sur l'Horlogerie* (Planche XXVIII, Figure 1, Planches XXX, XXXI & XXXIV,) c'est-à-dire, formés par des *barres quarrées* qui formoient elles-mêmes plusieurs chassis particuliers *d'une seule pièce*; au lieu que depuis mon voyage en Angleterre, au mois d'Avril 1763, j'ai formé ces chassis de *Pièces de rapport*, ou *tringles rondes* liées entr'elles par des traverses, ainsi qu'on le pratique en Angleterre : mais, en composant ainsi chaque chassis particulier de plusieurs pièces, je n'ai point prétendu y ajouter une perfection ; je suis même fort éloigné de préférer la méthode Angloise à celle que j'avois imaginée, & qui me paroît plus satisfaisante dans la théorie ; mais, dans la pratique, les chassis de plusieurs pièces sont d'une exécution plus expéditive & moins dispendieuse ; & cette seule raison m'a décidé dans la suite à leur donner la préférence sur les chassis d'une seule pièce. Au reste, leur effet est absolument le même ; & je n'ai pas moins, ainsi que M. *Harrison*, le mérite d'avoir créé le Pendule composé de mes Horloges Astronomiques, & le chassis ou Méchanisme de compensation de mes Horloges Marines.

Du Rouage.

La disposition du *Rouage* est la même dans mon Horloge N°. 8, qu'elle étoit dans l'Horloge N°. 1 : dans l'une & dans l'autre, les roues sont horizontales ; dans l'une & dans l'autre, les pivots de la roue d'échappement & du rateau roulent sur des coquerets d'acier. Je ne parle pas du reste du rouage : tous les Artistes savent que la disposition en est indifférente, qu'il est égal que les secondes soient excentriques comme dans

l'Horloge N°. 1, ou concentriques comme elle le ſont dans le N°. 8.

De la Suſpenſion. Enfin, la *Suſpenſion* de l'Horloge N°. 8, (*Traité des Horloges Marines* N°. 844,) eſt la même que celle du N°. 1, (*Eſſai* N°. 2154;) c'eſt la ſuſpenſion de *Cardan*, que tout le monde connoît, qu'on emploie pour les Bouſſoles de mer, &c; mais qui, dans mes Horloges, a été perfectionnée, non-ſeulement dans les principes, comme je l'ai dit, mais encore dans les détails, & par les ſoins de l'exécution.

Premiere Concluſion. J'ai prouvé, ſans réplique, que les principes, ou la théorie, ſur leſquels a été conſtruite mon *Horloge* N°. 8, ſont les mêmes que j'avois employés dans la conſtruction de mon *Horloge* N°. 1, ou dans celle des autres Horloges décrites dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*; j'ai prouvé de même que le *Régulateur* & toutes les parties qui le compoſent, le *Moteur*, *l'Échappement*, le *Méchaniſme de compenſation*, le *Rouage* & *la Suſpenſion* de l'Horloge N°. 8, ſont les mêmes que ceux des Horloges décrites dans mon *Eſſai*: or, mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, qui contient tous les principes, toutes les diſpoſitions des parties, les deſcriptions, les deſſins, &c. étoit public *depuis le commencement de Janvier de l'année* 1763; l'exécution même de mon Horloge N°. 1, étoit terminée depuis le commencement de 1761, comme il conſte par le Certificat de l'Académie: donc je n'ai pas pu copier la Montre Marine de M. L. R. qui n'a été préſentée à l'Académie que *le 7 Décembre* 1763, c'eſt-à-dire, *onze mois* après la publication de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, & *trois ans* après que mon Horloge N°. 1, eut été terminée.

Je n'ai pas pu connoître la Montre de M. L. R. quand j'exécutai mon Horloge N°. 8.

Mais je vais plus loin: je ſuppoſe que je n'euſſe pas publié, au commencement de 1763, les principes, les deſcriptions & les deſſins de mon Horloge N°. 1, & des deux autres Horloges Marines qui ſont décrites dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*; je ſuppoſe que mes Horloges N°. 2 & N°. 3, n'euſſent pas été exécutées dès 1763, & la derniere éprouvée en mer en 1764; je n'en prouverois pas moins auſſi évidemment que je l'ai fait, qu'en exécutant mon Horloge N°. 8, je n'ai pu avoir aucune connoiſſance

connoiſſance de la Montre de M. L. R., dont il ne nous a parlé pour la premiere fois, qu'en 1768, dans ſon *Expoſé ſuccinct*. En voici la preuve.

Le 10 Février 1768, je dépoſai à l'Académie des Sciences la deſcription de cette Horloge N°. 8: le Mémoire qui contient cette deſcription, a été paraphé par le Secrétaire de l'Académie, & ſe trouve dans mon *Traité des Horloges Marines*, page 546: on peut y voir que l'exécution de l'Horloge eſt conforme à la deſcription que j'en avois donnée. Or ce n'eſt que depuis le mois de Février 1768, que M. L. R. a publié ſon *Expoſé ſuccinct*, dans lequel il a fait imprimer le Projet de Montre Marine, qu'il avoit dépoſé à l'Académie en 1754; c'eſt dans ce même *Expoſé ſuccinct* qu'il parle pour la premiere fois de ſa nouvelle Montre Marine. Je n'ai donc pu ni copier ſon Projet de 1754, (ſi toutefois on pouvoit être tenté de le copier,) ni faire uſage de ce qu'il nous a dit alors concernant ſa nouvelle Montre; puiſque la deſcription de mon Horloge étoit dépoſée avant qu'il publiât ſon Projet, avant qu'il parlât de ſa Montre, & que d'ailleurs l'exécution de mon Horloge eſt conforme à la deſcription que j'avois dépoſée.

Mais quand même le haſard n'eût pas fait que j'euſſe dépoſé la conſtruction de mon Horloge avant la publication de l'*Expoſé ſuccinct* de M. L. R., que m'auroit appris cet Expoſé? L'Auteur y décrit d'abord le *Garde-temps* de M. *Harriſon*, pour le critiquer, pour tâcher de s'établir ſur ſes ruines; il nous apprend enſuite que la Montre de M. L. R. n'a *ni rubis ni diamants* (page 25 de l'*Expoſé*); *qu'elle n'a point de Remontoir*; que *le Rouage n'eſt compoſé que de quatre roues & leur pignon*, d'un *Barillet denté à ſa circonférence*, & *d'une Roue de cadrature* (ibid.); que *la Fuſée y eſt ſupprimée comme ſuperflue & même déſavantageuſe* (ibid. page 28); que *le Balancier eſt porté par un fil de clavecin*; enfin que *la juſteſſe de la Machine eſt fondée ſur la ſuppreſſion des frottements dans le Balancier, l'iſochroniſme de ſes vibrations & ſa très-grande puiſſance* (ibid. page 26); & que l'Auteur *a eu le bonheur de trouver une propriété dans le reſſort, au moyen de laquelle il parvient facilement au plus parfait iſochroniſme des vibrations* (ibid. p. 27.)

Voilà dans la plus grande exactitude, tout ce que M. L. R. nous a dit de la nouvelle Montre, en 1768, dans ſon *Expoſé ſuccinct* : le reſte du Mémoire ne contient que beaucoup de critiques de la Montre de M. *Harriſon*, & beaucoup d'éloges de la Montre de M. L. R. Que pouvoit donc m'apprendre l'*Expoſé ſuccinct* ? que M. L. R. fondoit la juſteſſe de ſa Montre ſur la *ſuppreſſion des frottements dans le Balancier, l'iſochroniſme de ſes vibrations, & ſa très-grande puiſſance.* Voilà des principes, j'en conviens; mais ils ne ſont qu'énoncés : j'aurois ſans doute cherché à les approfondir, à les employer, & je lui en aurois fait hommage, comme à l'Inventeur, ſi ces principes ne m'euſſent été connus & familiers depuis pluſieurs années. J'oſe dire que M. L. R. n'a pas dû conſumer beaucoup de veilles à les trouver : je les avois établis avant l'année 1760, puiſque je les employai dans mon Horloge N°. 1 : M. L. R. les avoit ſous les yeux depuis le commencement de Janvier 1763, tems où ils furent publiés dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, ainſi que le détail des expériences ſans nombre qui appuyoient ma théorie, & tous les deſſins de mon Horloge N°. 1, fondée ſur ces mêmes principes. Ce n'eſt que le 7 Décembre 1763, c'eſt-à-dire, *onze mois après* la publication de ces principes, & de la conſtruction de l'Horloge où je les avois employés, que M. L. R. préſenta à l'Académie ſa *premiere* Montre Marine. M. L. R. déſignoit, à la vérité, quelques-uns des principes dans ſon Projet de 1754, (qui n'a été public qu'en 1768); mais je ferai voir que les moyens qu'il propoſoit alors, & notamment tout ce qui regarde le Régulateur, cette partie fondamentale de toute Machine propre à meſurer le Temps, étoient directement contraires aux principes qu'il annonçoit, & qu'on ne trouvoit que dans l'énoncé des titres. Je ne crains pas d'avancer que je ſuis le premier qui ait ſolidement établi la théorie des Machines deſtinées à meſurer le Temps, ſoit à terre, ſoit à la mer : je puis en donner pour preuve un témoignage que les Savants, ſans doute, ne récuſeront pas, celui de M. *Daniel Bernoulli*, qui, après avoir enrichi toutes les parties des Sciences par ſes profondes recherches, voulut, en 1747, s'occuper des moyens qui pouvoient perfec-

tionner les Machines propres à meſurer le Temps en mer (*a*). Voici ce que cet illuſtre Géometre me fit l'honneur de m'écrire de Bâle, le 4 Avril 1763, lorſqu'il eut reçu mon *Eſſai* ſur l'Horlogerie. » *Je vous ai des obligations qui me ſont communes* » *avec tous ceux qui s'intéreſſent à la perfection des Arts & des* » *Sciences : tous ceux qui liront votre Ouvrage, reconnoîtront le* » *fruit de vos travaux, de vos expériences & de vos lumieres. Ce* » *que votre modeſtie vous fait appeller* Eſſai, *eſt un Ouvrage com-* » *plet qui ſubſiſtera tant qu'il y aura un Temps, & qu'on s'intéreſ-* » *ſera à ſa meſure. Si j'avois eu un tel ſecours lorſque je travaillois* » *ſur mon Mémoire du Prix de* 1747, *j'aurois pu aller bien plus* » *loin, & me déterminer avec beaucoup plus d'aſſurance, &c.* » On ne ſoupçonnera pas, ſans doute, M. *Daniel Bernoulli*, de n'avoir pas eu connoiſſance des Auteurs qui auroient pu travailler avant moi ſur la théorie des Horloges, ſur la nature & la quantité des frottements, ſur la force des reſſorts, ſur la puiſſance des Régulateurs, &c. &c ; & le ſuffrage d'un homme ſi célebre doit ſuffire, ſans doute, pour fixer l'opinion des Lecteurs qui ne ſont pas à portée d'approfondir la queſtion, ou d'examiner ce qui a pu être fait ſur cette matiere avant la publication de mon Ouvrage.

De l'Iſochroniſme par le reſſort ſpiral.

Je paſſe à une découverte dont M. L. R. paroît extrêmement jaloux, celle de l'*Iſochroniſme par une certaine longueur du reſſort ſpiral*, qu'il avoit propoſée en *énigme*, en 1768, dans ſon *Expoſé ſuccinct*, & qu'il n'a divulguée qu'en 1770, dans ſa *Meſure du Temps en mer* (*b*) : il y tient avec d'autant plus de raiſon, qu'il eſt perſuadé que de cette propriété du reſſort, dépend particuliérement la régularité de ſa Montre Marine. Je ne conteſte point à M. L. R. qu'il n'ait découvert cette propriété du Reſſort ſpiral, par laquelle *toutes les vibrations du Balancier* deviennent *iſochrones :* mais je me plains, & à juſte titre, qu'il veuille me diſputer d'en avoir fait la découverte de mon côté, & qu'il oſe m'accuſer de n'être que ſon Copiſte, il m'eſt bien facile de prouver que je ne pouvois l'être.

(*a*) Voyez le Recueil des Prix de l'Académie, *Tome VI, page* 1 *& ſuiv.*

(*b*) Imprimée à la ſuite du Voyage fait en 1768 par M. Caſſiniſils, chez *Jombert* 1770.

J'avois annoncé dans mon *Eſſai* les expériences qui m'ont conduit à la découverte de l'*Iſochroniſme par le ſpiral*.

Les plaiſanteries déplacées que M. L. R. s'eſt permiſes, & le ton railleur qu'il affecte en cette occaſion, n'empêcheront pas qu'il ne ſoit très-vrai que, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* (Tome 1, page 168), j'ai dit ce qui ſuit, en parlant de ma *Balance élaſtique* : » j'avois deſtiné cette machine pour faire des expériences » ſur *la durée des vibrations grandes & petites d'un même Balancier* » *qui ſe meut librement :* pour cet effet, je faiſois rouler la pointe » de l'axe ſur une pierre fort dure ; & pour diminuer le frotte- » ment des pivots, ils rouloient chacun entre trois rouleaux. Je » devois obſerver le nombre de vibrations que faiſoit le balancier » lorſqu'il ſe mouvoit horizontalement ou verticalement, la » vîteſſe des vibrations ſelon la différence des températures ; » enfin elle devoit ſervir à meſurer *les différents degrés de force* « *d'un même Spiral, ſelon qu'il eſt plus ou moins tendu* ».

Pourquoi je n'en avois pas fait uſage quand je publiai mon *Eſſai*.

Les expériences que j'indiquois ſont déſignées aſſez clairement pour qu'elles puſſent aider les Artiſtes qui ſavent employer les matériaux qu'ils ont ſous les yeux. *La durée des grands & des petits arcs de vibration du balancier* libre, *& les différents degrés de force d'un même Spiral, ſelon qu'il eſt plus ou moins tendu :* voilà l'origine de ma Théorie ſur l'*Iſochroniſme des vibrations par le Spiral.* Je n'avois pas eu beſoin d'employer ce moyen, lorſque j'écrivois la premiere partie de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, parce que, dans ma premiere Horloge Marine, les oſcillations du Régulateur étoient néceſſairement iſochrones, par la conſtruction de la Machine. 1°. Parce que l'échappement corrigeoit l'inégalité de durée des vibrations grandes & petites, celle qui peut réſulter des changements de la force motrice, des variations de frottemens, de l'épaiſſiſſement des huiles, &c. (*Eſſai*, N°. 2116). 2°. Parce que le Régulateur, étant compoſé de deux balanciers, les agitations du vaiſſeau ne pouvoient faire changer l'étendue des arcs de vibration (voyez *Eſſai* N°, 2097) : ainſi, dans tous les cas, la durée des vibrations grandes ou petites devoit être égale, ſoit par le ſecours de l'échappement, ſoit par la nature du Régulateur. Mais depuis que j'eus ſupprimé un des balanciers, il fallut chercher à corriger les inégalités de vibrations qui pouvoient réſulter des agitations du vaiſſeau, & qui étoient corrigées par le

double balancier dans la premiere conſtruction : je revins donc à mes premieres idées, & je cherchai à corriger par le Spiral l'altération que pouvoient apporter les agitations du Navire à l'étendue des arcs & à l'égalité des vibrations. Telle eſt l'origine de ma Théorie ſur le Spiral : Théorie qui m'eſt propre, comme il eſt aiſé de le voir ; mais dont je ne conteſte point à M. L. R. d'avoir fait la découverte de ſon côté. On doit remarquer cependant une différence eſſentielle entre l'importance qu'il attache à la propriété qu'a le Spiral de pouvoir rendre les vibrations iſochrones, & l'utilité dont j'ai penſé que pouvoit être cette propriété : c'eſt *principalement ſur l'iſochroniſme par le Spiral* que M. L. R. fonde, comme il le dit, la juſteſſe de ſes Montres Marines ; tandis que je n'ai jamais conſidéré cette propriété du reſſort que comme un acceſſoire utile ; & que la juſteſſe de mes Horloges Marines en dépend ſi peu, que mon Horloge, N°. 8, dont le Spiral n'étoit point iſochrone, a pourtant très-bien réuſſi dans deux épreuves d'une année chacune.

Mais je veux ſuppoſer que je n'euſſe pas annoncé, dans mon *Eſſai*, les expériences qui m'ont conduit à la découverte dont il eſt queſtion ; au moins M. L. R. ne pourra-t-il pas nier que, *le* 10 *Février* 1768, je n'aie dépoſé à l'Académie (*a*), ma *nouvelle Théorie du Spiral*, dans laquelle je démontre cette propoſition : *Les oſcillations d'un balancier quelconque peuvent être rendues iſochrones par le reſſort ſpiral :* il ne peut nier non plus que la publication de ſon *Expoſé ſuccinct* ne ſoit poſtérieure à l'époque de mon *dépôt ;* il ne ſeroit donc pas fondé à dire que j'ai emprunté de lui cette Théorie, ou l'idée de la découverte, quand même, comme il le prétend fauſſement, cette découverte eut été divulguée dans ſon *Expoſé ſuccinct*. Mais où l'y trouve-t-on *divulgée* ? Comment nous l'y a-t-il annoncé ? Voici tout ce qu'il en dit (page 27 de *l'Expoſé ſuccinct*). *J'ai reconnu une propriété dans le reſſort, au moyen de laquelle je parviens facilement au plus parfait iſochroniſme.*

J'avois dépoſé à l'Académie ma Théorie ſur l'iſochroniſme par le Spiral, avant que M. L. R. *publiat ſon Expoſé ſuccinct.*

Que pouvoient m'apprendre ces mots énigmatiques ? Quel eſt

M. L. R. n'a point divulgué ſa

(*a*) Voyez le *Traité des Horl. Mar.* Append. N°. 7, p. 546 & ſuiv.

Découverte de l'*Isochroniſme par le Spiral*, dans ſon *Expoſé ſuccinct*.

ce *reſſort ?* Quelle eſt cette *propriété ?* On trouve à la ſuite de ſon *Expoſé ſuccinct*, une copie de ſon projet de 1754, dans lequel il diſoit de même que ſon balancier ſeroit ſuſpendu par un *reſſort droit réglant*, dont la propriété étoit de rendre toutes les vibrations *iſochrones* : eſt-ce encore d'un *reſſort droit réglant* dont M. L. R. vouloit parler en 1768 ? Eſt-ce d'un *reſſort ſpiral ?* Et je le lui demande à lui-même : qui pouvoit deviner que ces mots vagues, une *propriété dans le reſſort*, annonçoient *une certaine longueur dans le reſſort Spiral ?* Mais d'ailleurs quand il auroit annoncé clairement ſa découverte dans *l'Expoſé ſuccinct*, comme il l'a fait depuis en 1770, dans ſon Mémoire ſur la *meſure du Temps en mer* ; pourrois-je jamais être ſoupçonné d'avoir *copié* M. L. R. puiſque j'avois dépoſé ma découverte à l'Académie, avant que *l'Expoſé ſuccinct* fut public.

Je n'ai pas pu connoître la découverte de M. L. R. quand j'ai dépoſé la mienne.

D'après ces faits qui ſont notoires & ſous les yeux de tout le monde, comment M. L. R. a-t-il oſé dire ce qui ſuit (page 18 du *Précis* ? « *M. B. ayant fait la découverte de l'Iſochroniſme des reſſorts, un peu tard à la vérité, quoiqu'il eût médité de la faire depuis long-temps, il lui eût été dur de l'expoſer comme elle l'eſt dans mon* Mémoire : *il falloit qu'il ſe l'appropriât en quelque ſorte, par la maniere de la préſenter* ». M. L. R. s'eſt perſuadé ſans doute qu'une raillerie ſi délicate en impoſeroit au Public : mais quand on aura fait attention que le *Mémoire* dont il parle ici, eſt celui de 1770 (*a*) ; quand on ſaura que lui-même convient que j'avois dépoſé ma découverte au commencement de 1768 (*b*) ; quand on aura vu que, ſans y prendre garde, il ſuppoſe que je pouvois copier en 1768, ce qu'il n'a fait connoître qu'en 1770 ; je ne ſais ſi tous les rieurs ſeront de ſon côté.

Ma Théorie n'eſt pas inintelligible, comme le prétend M. L. R.

M. L. R. continue (page 18 du *Précis*) : *au lieu donc de rapporter le fait & ſes circonſtances, tel que l'expérience les fait connoître, M. B. donne à tout cela un air ſcientifique auquel il n'eſt pas aiſé de rien comprendre.*

(*a*) Mémoire ſur la *Meſure du Temps en mer*, à la ſuite du Voyage de M. Caſſini le fils. A Paris, chez Jombert. 1770.

(*b*) Voyez dans le *Traité des Horloges Marines*, page 547, le Certificat de l'Académie. Voyez auſſi la page 17 du *Précis*.

Je ſuis fâché que M. L. R. ne m'ait pas compris, & je veux bien croire que c'eſt ma faute ; je ſuis cependant raſſuré par les éloges que M. *Daniel Bernoulli* a donnés à cette partie de mon *Traité des Horloges Marines* : voici ce qu'il m'en écrivit dans le commencement de cette année : *cet article* (celui où j'établis que la force du ſpiral doit être en progreſſion arithmétique) *exprime parfaitement le vrai principe de l'Iſochroniſme :* & en parlant des expériences que j'ai faites avec ma *balance élaſtique*, il ajoute : « *voilà certainement des expériences infiniment intéreſſantes ; elles* » *conſtatent le vrai principe de l'Iſochroniſme, & font voir les limites* » *des plus grands balancemens qu'on puiſſe accorder au balancier,* » *ſans choquer le principe : c'eſt-là où la progreſſion des petits poids* » *commence à s'éloigner de la progreſſion arithmétique*, &c. ». Je conviens que je ſuis plus flatté que M. *Bernoulli* m'ait compris & m'ait approuvé, que ſi je n'avois été entendu que de M. L. R.

Quoique M. L. R. ne m'ait pas compris, il entreprend cependant de raiſonner ſur ma Théorie, & cenſure la marche que j'ai ſuivie : « M. *B.* (dit-il page 18 du *Précis*) ſuppoſe » d'abord que la force d'un reſſort foible & long augmente dans » un moindre rapport que les eſpaces parcourus dans ſes dif- » férentes tenſions ; puis il en conclut que les grandes vibrations » ſont, dans ce cas, plus lentes que les petites, *& vice verſâ*, » pour le reſſort court & fort : mais *il ne falloit point ſuppoſer ; il* » *falloit faire voir que les choſes ſont ainſi dans la nature ; ce dont* » *il n'y a que l'expérience qui puiſſe nous inſtruire* ».

Je conviens que ma marche a toujours été à l'oppoſé du précepte de M. L. R. Dans toutes mes recherches, j'ai commencé par m'occuper des principes ; j'ai cherché à les approfondir ; & je n'ai appellé l'expérience à mon ſecours que pour qu'elle vint confirmer les principes. Il eſt vrai que, par cette voie, on perd l'avantage de rencontrer quelquefois de ces hazards heureux qui font découvrir ce qu'on ne cherchoit pas ; mais, en revanche, quand on a fait une découverte, on ſait à quel principe on doit la rapporter, & l'on n'eſt pas dans le cas de lui en prêter un purement imaginaire.

M. L. R. ne s'eſt pas contenté de m'attaquer ſur la propriété

de ma Théorie : il veut encore en attaquer la ſolidité : j'ai défendu la propriété par des faits qui prouvent que je ne pouvois pas connoître les recherches de M. L. R. quand j'ai dépoſé ma Théorie ; je vais en défendre la ſolidité par des raiſons, au riſque de n'être pas entendu par l'Auteur du *Précis*.

Examen de la Théorie de M. L. R. ſur l'*Iſochroniſme par le reſſort ſpiral.*

La critique que M. L. R. a faite de ma Théorie m'oblige à entrer ici dans quelques diſcuſſions. Il eſt néceſſaire de rapprocher d'abord ſous un ſeul point de vue tout ce qu'il nous a dit ſur l'*Iſochroniſme par le Spiral*, dans ſon *Mémoire ſur la Meſure du Temps en mer*, imprimé en 1770, à la ſuite du *voyage de M. Caſſini fils.*

J'ai preſque toujours reconnu (dit M. L. R.), *comme les Savans & les Artiſtes les plus renommés, que les grandes vibrations étoient plus lentes que les petites* (page 14 de *la meſure du Temps en mer.*)

J'ai prouvé le contraire, & j'en rappellerai les preuves ci-après.

J'ai même remarqué (ajoute-t-il) *que ſur un arc double*, la *différence étoit le plus ſouvent* de $\frac{1}{120}$: *cet effet vient, je crois, de la maſſe du reſſort, ou peut-être des obſtacles qu'il éprouve intérieurement pour ſe déployer* (Ibidem).

Qu'eſt-ce que ces obſtacles intérieurs ? Cette explication ne paroît pas fort intelligible. M. L. R. s'eſt ſans doute compris : les propriétés internes du reſſort doivent lui être connues ; puiſque, dès 1750, il nous avait annoncé (*a*) qu'il donneroit inceſſamment *un Traité complet ſur la cauſe du reſſort, ſur ſes effets*, &c.

M. L. R. continue : *ce n'eſt que depuis quelque temps que j'ai reconnu, comme je l'expliquerai plus particuliérement*, (on ne trouve cette explication nulle part dans ſon Mémoire) *ce fait ſi*

(*a*) Voyez le *Mémoire* anonyme ſur l'*Horlogerie*, que M. L. R. publia en 1750, *page* 15. Il a été depuis avoué par ſon Auteur (page 9 de l'*Expoſé ſuccinct.*) *L'Anonyme* (diſoit M. de Rivaz) *tout modeſte qu'il eſt, ne nous promet-il pas dans ſon Mémoire* ſur l'Horlogerie (page 15) *un nouvel Echappement avec toutes les perfections que l'on cherche envain à lui donner depuis l'origine de l'Horlogerie ; bien plus, il nous fait eſpérer un* Traité complet ſur la cauſe du reſſort, ſes effets, &c. *matiere ſi difficile & ſi profonde, que les plus grands génies commençoient déja à regarder cette* Cauſe *comme une de ces premieres loix de la Nature impénétrables aux hommes.*

Voyez la Réponſe de M. de Rivaz, en réponſe au Mémoire anonyme publié contre ſes découvertes en Horlogerie. A Paris, chez Chardon. 1751. (page 18.)

important

important qui déſormais doit ſervir de baſe à la Théorie des Montres, & de guide aux Ouvriers, ſçavoir : qu'il y a dans tout reſſort d'une étendue ſuffiſante, une certaine longueur, où toutes les vibrations, grandes & petites, ſont Iſochrones.

1°. Quelle eſt cette étendue ſuffiſante? 2°. Cette propoſition n'eſt pas généralement exacte : car on trouve un grand nombre de reſſorts qui ſont tels par leur nature que, quelque ſoit leur *étendue ſuffiſante*, ils ne ſeront jamais iſochrones.

J'ai reconnu (ajoute M. L. R.) *que, cette longueur trouvée, ſi vous raccourciſſez le reſſort, les grandes vibrations ſeront plus promptes que les petites; ſi au contraire vous l'allongez, les petites s'acheveront en moins de temps que les grandes.*

Cette ſeconde partie de la propoſition de M. L. R. eſt généralement exacte : & ſur ce point ſeulement nous ſommes d'accord.

C'eſt (ajoute-t-il) *de cette importante propriété*, ignorée juſqu'ici, *que dépend particuliérement la régularité de ma Montre Marine.*

M. L. R. penſe que cette propriété étoit univerſellement *ignorée*; & elle l'eut été en effet ſi on ne l'eut connue que par ce qu'il en avoit dit avant 1770 ; mais j'ai prouvé que je ne l'ignorois pas, puiſque, comme on l'a vu, le 10 Février 1768, j'avois dépoſé à l'Académie ma *Théorie de l'Iſochroniſme par le Spiral.*

C'eſt-là tout ce que M. L. R. nous a dit, en 1770, de cette propriété du Reſſort ſpiral, dans ſon *Mémoire ſur la meſure du Temps en mer*, qui contient la deſcription de ſes Montres actuelles. J'ai ſuffiſamment prouvé, par les dates de nos productions, que je n'avois pu être ſon Copiſte ; mais je puis prouver encore d'une autre maniere que je ne l'ai pas été, puiſque nous ne ſommes d'accord ni dans le principe fondamental de notre Théorie ſur l'Iſochroniſme par le Spiral, ni dans toutes les conſéquences.

Nouvelle preuve que je n'ai pas pu copier M. L. R. en cherchant l'Iſochroniſme par le Spiral.

1°. M. L. R. dit que, dans toutes les expériences qu'il a faites ſur la durée des vibrations d'un Balancier à Reſſort ſpiral, il a preſque toujours reconnu que *les grandes vibrations ſont plus lentes que les petites.*

La Théorie de M. L. R. ſur le Spiral, diffère eſſentiellement de la nienne.

Différence dans le principe fondamental. *Les grands arcs de vibration ſont naturellement plus prompts que les petits.*

Toutes les expériences au contraire que j'ai rapportées dans mon *Traité des Horloges Marines* ſur les Reſſorts ſpiraux, & un plus grand nombre que j'ai faites, & qui ne ſont pas rapportées dans cet Ouvrage, prouvent qu'en général le Spiral rend *les grandes vibrations* du Balancier *plus promptes que les petites*: voyez dans le Traité des Horloges Marines les expériences des N°. 137: 206: 212: 215: 216: 217: 218: 219: 220: 225: 227: 228: 230: 232: la premiere du N°. 233 & les N°. 234: 928. Les expériences des N°. 207: 221: 226, & la ſeconde du N°. 233, ſont les ſeules qui puiſſent donner les grandes vibrations plus lentes que les petites: & encore n'eſt-ce que par un travail long & difficile que les Spiraux ſont parvenus à ce point qui ſeul peut aſſurer que le Spiral eſt ſuſceptible d'être rendu *Iſochrone*; propriété qu'on obtient alors en le raccourciſſant. Moins heureux que M. L. R. qui nous dit (page 34 de ſon Mémoire) que *cette opération* (de chercher le point où un Spiral eſt iſochrone) *paroît d'abord longue, mais que l'uſage la rend ſi facile, qu'au coup d'œil il reconnoît actuellement, à très-peu près, la longueur du Reſſort où toutes les vibrations ſont d'égale durée*; j'avoue, au contraire que, quoique aidé d'un excellent inſtrument, de ma Balance élaſtique, ce n'eſt qu'avec beaucoup de peines que j'ai trouvé quelques Reſſorts ſpiraux propres à l'Iſochroniſme: encore les ai-je preſque tous perdus en voulant les *tremper tout pliés*: cette opération eſt cependant indiſpenſable, ſi l'on veut leur donner la qualité de conſerver une figure conſtante; qualité qui eſt préférable de beaucoup à celle de l'Iſochroniſme du ſpiral, dans des Machines deſtinées à éprouver toutes les viciſſitudes de la température qui ne manque jamais d'altérer la figure des Reſſorts, quand ils n'ont pas été trempés tout pliés.

Je dois ajouter que ſi mes expériences ne ſont pas d'accord avec celle de M. L. R. elles ſont d'accord avec celles de M. *Harriſon:* ce célebre Artiſte a toujours trouvé, ainſi que moi, que *les grands arcs de vibration ſont plus prompts que les petits* (*a*).

(*a*) Voyez les *Principes de la Montre de M. Harriſon*, traduits de l'Anglois, *page* 4. | A Avignon; & à Paris, chez Jombert, 1767.

2°. M. L. R. après être parti d'un principe démenti par les expériences, ne fait conſiſter l'Iſochroniſme que dans *le plus* ou *le moins* de longueur du Reſſort ſpiral ; au lieu que j'ai prouvé dans mon *Traité des Horloges Marines* : 1°. qu'on peut rendre un Spiral iſochrone *en diminuant ſa force* (N°. 151.) 2°. qu'on peut parvenir à l'Iſochroniſme, ſans rendre le reſſort plus long, mais en le faiſant *plus large* & *plus mince* (N°. 153.) 3°. qu'on peut y parvenir, ſoit par *un grand nombre de tours ſerrés* (N°. 154) ; ſoit en rendant le reſſort *plus fort ou plus foible du centre ou du dehors* (N°. 157) : j'ai montré que la lame doit être faite en *fouet*, le plus fort au centre (N°. 159). (Voyez auſſi les N°. 159, 222, 235, &c. &, en général, voyez dans la Table des Matieres du Traité des Horloges Marines au mot *Spiral*, tous les articles où il eſt traité de ce Reſſort).

L'Iſochroniſme du Spiral ne dépend pas ſeulement de la longueur, mais plus particuliérement de la figure & du nombre de tours ſerrés du Reſſort.

5°. La qualité de l'Iſochroniſme eſt précieuſe ſans doute dans un Reſſort ſpiral, & j'y ai inſiſté dans mon *Traité des Horloges Marines ;* non pas, comme le prétend M. L. R., parce que la juſteſſe de mes Horloges Marines eſt fondée, comme celle de ſes Montres, ſur l'Iſochroniſme du ſpiral ; non pas que je croie que *ſans cette méthode, on n'aura jamais que de foibles ſuccès dans les Horloges Marines* (*a*) : je ne l'ai jamais ni penſé ni dit : mais parce que cette méthode peut rendre le travail de ces Machines plus expéditif & plus facile. Je ne l'ai jamais regardée que comme un acceſſoire utile qui pouvoit rendre mes

L'Iſochroniſme du Spiral eſt une qualité moins eſſentielle, que la propriété de conſerver ſa force & ſa figure ſans altération.

(*a*) M. L. R. fait une citation fauſſe dans ſon Précis, *page* 4. On y lit : » *M.* » *B. après avoir dit qu'en Février* 1768, *il* » *avoit découvert, non ſans des recherches* » *infinies, une méthode ſans laquelle on* » *n'aura jamais que de foibles ſuccès dans* » *les Horloges Marines, il appelle conſtam-* » *ment ſa Théorie, &c.* »

M. L. R. veut me prêter ici ſon opinion : mais il n'eſt pas permis de faire une citation fauſſe. Voici ce que j'ai dit à l'endroit de mon *Traité des Horloges Marines*, qui eſt cité par M. L. R. Append. N°. 7, *page* 547 : *l'Iſochroniſme des vibrations du Régulateur eſt fondé ſur des principes ſimples, & que je n'ai trouvés qu'après des recherches infinies. Cependant j'avois formé ce projet dès le temps que je publiai mon Eſſai ſur l'Horlogerie ; & c'eſt à cet uſage qu'étoit deſtinée la Machine d'expériences ſur les reſſorts, décrite dans cet Ouvrage*, N°. 512 *& ſuiv. Planch.* XVIII, fig. 13 & 14, *dont voici le Précis, &c.* Y a-t-il là un ſeul mot qui diſe ou qui puiſſe même donner à entendre que ſans l'Iſochroniſme du ſpiral, *on n'aura jamais que de foibles ſuccès dans les Horloges Marines* ?

Horloges encore plus parfaites. Mais deux qualités indiſpenſables dans le Spiral ſont : 1°. la *Conſtance de Force* (abſtraction faite des changemens accidentels produits par l'action de la chaleur & du froid) 2°. la *Conſtance de Figure* ; & c'eſt ſur ces deux qualités de néceſſité premiere, que j'ai toujours inſiſté & que j'inſiſte encore.

Un grand nombre d'expériences que j'ai rapportées dans mon *Traité des Horloges Marines*, ont prouvé combien il eſt difficile de conſerver au Spiral une force & une figure conſtantes (*a*) ; on a vu que, ſi un reſſort eſt plié après qu'il a été trempé, il éprouve un changement de force & de figure dans les différentes variations de la température de l'air. M. L. R. a éprouvé ces mêmes difficultés avec ſes reſſorts (*b*) ; mais les moyens qu'il propoſe ne me paroiſſent pas ſuffiſans pour que la figure du Spiral ſoit rendue conſtante, & ne puiſſe pas varier par les différens degrés de chaleur qu'une Montre Marine eſt dans le cas d'éprouver.

On ne peut fixer la figure du Spiral, rendre la force élaſtique la plus grande poſſible, & la rendre conſtante, qu'en trempant le reſſort *tout plié*.

4°. Les expériences que j'ai indiquées dans l'Article précédent, & pour leſquelles je renvoie au *Traité des Horloges Marines*, ſervent à prouver qu'un Reſſort ſpiral, étant plié après qu'il a été trempé, ne peut dans ce cas être conſidéré comme capable de conſerver (ainſi qu'il eſt abſolument néceſſaire) une force & une figure conſtantes, quelque précaution qu'on emploie d'ailleurs : & on a vu combien ces changemens dans la figure du ſpiral peuvent affecter la marche d'une Horloge Marine (*c*). Ces expériences font connoître l'abſolue, l'indiſpenſable néceſſité de *tremper un Reſſort après qu'il eſt plié* : c'eſt l'unique moyen de procurer à un Reſſort deux qualités ſans leſquelles ſon effet eſt toujours incertain : je veux dire, 1°. la conſtance de figure & de force, 2°. la plus grande élaſticité poſſible. (Voyez l'*Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 1818 : 2105 : 2108 : &c. 2164 : 2166 : 2167 : 2168 ; & *Traité des Horloges Marines* N°. 209 : 210 : 211 : 229 : 735 :

(*a*) Traité des Horloges Marines. N°. 888. Voyez auſſi 209, 210, 211, 229, 735, 739.

(*b*) Meſure du Temps en mer, *pag.* 45.

(*c*) Voyez *Traité des Horloges Marines*. N°. 739.

739 : 743 : 888.) On voit dans l'Article 1013 du *Traité*, qu'une perfection qui manquoit aux Horloges Marines N°. 8 & N°. 6, c'eſt que leur Reſſort ſpiral eut été trempé tout plié : & à l'Article 229, j'ai dit : » voilà pluſieurs fois que je » trouve cet effet (le Spiral ouvert par le chaud) qui ſemble » rendre la trempe du Reſſort indiſpenſable «. J'en prouverai encore mieux la néceſſité ci-après 6°.

L'Iſochroniſme du Spiral peut être conſidéré comme incompatible avec la néceſſité de le tremper tout plié.

5°. Un grand nombre d'expériences, dont quelques-unes ſont rapportées dans mon Traité des Horloges Marines, & que j'ai faites pour tremper tout pliés des Reſſorts iſochrones, n'ont ſervi qu'à me prouver ſinon l'abſolue impoſſibilité, du moins l'extrême difficulté d'y parvenir. On voit à l'Article 224 de l'Ouvrage, que le Reſſort ſpiral N°. 3, étoit très-bon ; mais qu'ayant voulu le tremper pour rendre ſa figure plus conſtante, il s'eſt totalement dérangé : enſorte que j'ai été obligé d'en faire un autre. On voit encore, à l'Article 240, que j'avois déja tenté pluſieurs fois de tremper des Reſſorts ſpiraux, & qu'ayant voulu en faire encore l'eſſai avec un Reſſort long & plié ſerré, j'ai trouvé le ſpiral aggrandi & ſa figure dérangée, quoique j'euſſe employé toutes les précautions pour le tremper. Cette derniere tentative ne m'ayant pas réuſſi, j'abandonnai pour le moment le projet de tremper les Reſſorts tout pliés. (Voyez auſſi les N°. 160 : 161 : 172, &c.) Dans l'Article 160 & ſuiv. je traite des qualités eſſentielles qu'il faut ajouter à un Reſſort ſpiral pour que, par ſon application au Balancier, il produiſe la plus grande quantité de mouvement, & conſerve ſes propriétés.

Un Spiral dont la force & la figure ſont conſtantes, mais qui n'eſt pas iſochrone, eſt préférable à un Spiral qui ne ſeroit qu'iſochrone, & dont la force & la figure peuvent changer.

6°. Je me contenterai de rapporter ici ce qui a été dit dans les Articles 1297 & 1298 du *Traité des Horloges Marines*, pour prouver que la trempe du Reſſort tout plié eſt indiſpenſable, & que la juſteſſe de mes Horloges n'eſt pas fondée, comme le prétend M. L. R.[1] ſur l'Iſochroniſme par le Spiral. On lit ce qui ſuit à l'Article 1297, de mon *Traité* : » J'ai » rendu compte dans la premiere Partie de l'Ouvrage (240.) » des tentatives infructueuſes que j'ai faites pour tremper de » longs Reſſorts pliés par un grand nombre de tours ; & je

» viens d'expliquer par quels moyens j'ai ſuppléé à cette ma-
» niere de tremper les Reſſorts: mais cette derniere méthode
» n'étant pas auſſi certaine que l'exige l'importance de la cho-
» ſe; je dois inſiſter ſur les moyens qui peuvent conduire à
» tremper les Reſſorts ſpiraux *tout pliés* : c'eſt *par-là ſeulement*
» *qu'il eſt poſſible de donner au Reſſort l'élaſticité la plus parfaite,*
» *& de fixer ſa figure de ſorte qu'elle ſoit rigoureuſement inaltéra-*
» *rable.*

Je continue dans l'Article 1298 ; » mais avant que de pro-
» poſer les moyens que je penſe propres à cela, il n'eſt pas
» inutile d'examiner ici laquelle de ces deux choſes eſt la plus
» rigoureuſement néceſſaire; 1°. d'avoir un Reſſort ſpiral par-
» faitement iſochrone, mais dont la figure n'eſt pas inaltéra-
» ble par les changemens de la température ou les effets de
» la chaleur; ou 2°. d'avoir un Spiral qui ne ſoit pas abſolu-
» ment iſochrone, mais dont la trempe aſſure & fixe la figu-
» re ? Pour décider cette queſtion, appuyons-nous des expé-
» riences faites avec l'Horloge N°. 6. Nous avons vu que, dans
» cette Machine, le Spiral s'eſt ouvert pendant l'épreuve en
» mer, enſorte que la cheville d'arrêt du Balancier avoit
» changé de 3 degrés, (N°. 739): or, l'effet qui en eſt ré-
» ſulté & les écarts qu'il a cauſés à l'Horloge ont été beau-
» coup plus conſidérables que ceux qui ont été produits par
» le manque d'Iſochroniſme du Spiral, quoique cette qualité
» manquât ſenſiblement à ce Spiral. Ainſi je penſe qu'*il eſt*
» *abſolument néceſſaire de préférer encore un Spiral qui ne ſoit pas*
» *parfaitement iſochrone, mais qui ſoit trempé tout plié, & dont*
» *la figure ſoit par conſéquent inaltérable, plutôt que de choiſir un*
» *Spiral iſochrone, dont la figure peut changer.*

Je ſuis donc revenu à la premiere méthode que j'avois em-
ployée dans mon Horloge Marine N°. 1, & dont les procé-
dés ſont décrits dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 2165 &
ſuiv. Voyez auſſi dans le même Ouvrage, depuis le N°. 2105
juſqu'à 2111, les diverſes qualités requiſes pour un Spiral,
dont la plus eſſentielle eſt la trempe la plus forte, pour obte-
nir une plus parfaite & plus conſtante élaſticité. On y trou-

vera auſſi l'application du Spiral à l'Horloge (2140); dans le N°. 2158, on verra les détails & les précautions néceſſaires, pour fixer ſûrement & librement les bouts des Spiraux : & dans le N°. 2172, eſt expoſé le détail de tous les ſoins requis pour remonter les Reſſorts ſpiraux, les remettre dans leur repos, & leur conſerver leur ſolidité & leur liberté.

Concluſion pour mes Horloges Marines.

On peut conclure de tout ce que je viens de dire que l'Iſochroniſme du Spiral n'eſt pas une qualité indiſpenſable dans ce Reſſort, puiſqu'elle eſt incompatible avec la trempe du Reſſort tout plié, qualité d'une toute autre importance, & à laquelle on doit ſacrifier la premiere, puiſqu'il eſt facile de remplacer celle-ci par d'autres moyens. Auſſi n'ai-je jamais fondé la juſteſſe de mes Horloges Marines ſur *l'Iſochroniſme du Spiral*, comme le prétend M. L. R.; mais ſur la grande puiſſance de leur Régulateur, ſur la réduction des frottemens, ſur l'uniformité de la force motrice, &c. Cela eſt ſi vrai que les Spiraux des Horloges N°. 8 & N°. 6, qui furent éprouvés en 1768 & 1769, n'étoient point iſochrones; que celui du N°. 8, ne l'étoit pas non plus dans le ſecond Voyage qui fut fait en 1771 & 1772. Ces Horloges cependant, & ſur-tout le N°. 8 dont j'avois annoncé la ſupériorité ſur le N°. 6, ont été aſſez régulieres pour donner les Longitudes en mer à une préciſion fort au-deſſus de celle que l'Angleterre avoit exigée pour la plus grande récompenſe. Les réſultas des deux épreuves ſeront mis ſous les yeux du Public dans le troiſieme Article de ces *Eclairciſſemens*.

Si j'ai cru devoir répondre à M. L. R. ſur cet article, ce n'eſt pas que je compte faire uſage de la propriété que peut avoir le Spiral de rendre toutes les vibrations iſochrones : j'ai voulu ſeulement combattre une accuſation de *Plagiat*, dont M. L. R. a oſé me noircir, & dont je ne pouvois pas même être ſoupçonné, puiſque ma Théorie ſur l'Iſochroniſme du Spiral étoit dépoſée à l'Académie, deux ans avant qu'il eut divulgué la ſienne. Mais ſi je ſuis jaloux, & avec raiſon, de mes droits de propriété; j'abandonne de grand cœur à M. L. R. les droits de jouiſſance & d'uſage. Comme les expériences

ſans nombre que j'ai faites m'ont prouvé que la néceſſité de tremper les Reſſorts *tout pliés*, ſi l'on veut leur conſerver une figure inaltérable, eſt incompatible avec l'Iſochroniſme du Reſſort; & que je regarde la conſtance de figure & de force comme la qualité la plus eſſentielle du Spiral d'un Horloge Marine; j'ai cherché à me procurer l'Iſochroniſme des vibrations, ſans tirer cette qualité d'une *certaine longueur du Reſſort*. Mes recherches n'ont pas été infructueuſes: j'ai dépoſé à l'Académie des Sciences, le 4 Septembre de cette année 1773, une méthode que j'ai déja employée avec ſuccès, & par laquelle toutes les vibrations du Balancier ſeront *Iſochrones*, quelle que ſoit la longueur du Reſſort ſpiral, que je trempe tout plié, & auquel je procure par ce moyen l'avantage précieux, & préférable à tout autre, de pouvoir conſerver une figure conſtante, quelles que ſoient les variations de la chaleur & du froid; car je ſoutiendrai toujours que, dans une Montre dont le Reſſort ſpiral n'eſt qu'iſochrone, & qui n'ayant point été trempé tout plié peut changer de figure, la régularité de la Machine eſt établie ſur un fondement peu ſolide, & dépendra toujours des changemens qui peuvent arriver dans la figure & dans la force du Spiral, par les paſſages du froid au chaud.

Seconde Concluſion. J'ai prouvé d'une maniere inconteſtable que, lorſque j'ai exécuté mon Horloge N°. 8, je ne pouvois connoître ni la Théorie ni le Méchaniſme de la Montre Marine de M. L. R. qui n'ont été publiés que deux ans après l'exécution, & l'épreuve même de mes Horloges N°. 6 & N°. 8: j'ai prouvé pareillement que ma Théorie ſur l'Iſochroniſme du Spiral étoit dépoſée à l'Académie deux ans avant qu'il divulgât la ſienne; que d'ailleurs ſon principe fondamental eſt directement contraire à celui que j'ai établi d'après un grand nombre d'expériences: donc je n'ai pas pu copier M. L. R. puiſque je ne pouvois pas connoître ce qu'il oſe dire que j'ai copié. J'ai prouvé d'ailleurs que les principes ſur leſquels eſt conſtruite mon Horloge N°. 8, & la diſpoſition de ſes parties conſtitutives, ſont conformes aux principes & à la diſpoſition de mon Horloge N°. 1, dont l'exécution a précédé de trois

ans

ans l'exécution de la premiere Montre de M. L. R. Donc ; ſous quelque point de vue qu'on veuille l'enviſager, il n'a pas été poſſible que je copiaſſe M. L. R.

Mais ce n'eſt pas aſſez d'avoir prouvé que je n'ai pas pu être le Copiſte de M. L. R. je vais prouver encore qu'il a pu être le mien, & qu'il l'a été.

SECTION SECONDE.

M. L. R. a pu me copier, & m'a copié.

SI la Théorie ſur laquelle ſont fondées les Montres Marines actuelles de M. L. R. eſt contenue, ainſi qu'il le prétend (*a*), dans ſon Projet de 1754 ; ſi la diſpoſition des parties, ſi les moyens qu'il emploie ſont les mêmes, comme il le prétend encore (*b*), que ceux qu'il propoſoit en 1754 ; je n'ai rien à revendiquer ; M. L. R. ne peut rien avoir emprunté de moi, puiſque mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, qui contient les principes, les diſpoſitions des parties, les deſſins, &c. de ma premiere Horloge Marine & des deux autres projettées, n'a été public qu'au commencement de Janvier de l'année 1763 : mais ſi les Montres Marines actuelles de M. L. R. dont la premiere n'a été exécutée, comme on l'a vu (*c*), que le 7 Décembre 1763, & dont la deſcription n'a été publiée qu'en 1770 (*d*), ne préſentent aucun veſtige du Projet de 1754, ni dans la Théorie, ni dans les parties conſtitutives d'une Montre Marine ; ſi je prouve

(*a*) Page 6 de ſon *Précis*, M. L. R. dit : que le Projet qu'il dépoſa à l'Académie en 1754, *contient en grande partie toute la théorie de ſes Montres Marines actuelles.*

(*b*) Dans la déclaration que M. L. R. fit en 1767, quand il livra ſa Montre à M. le Marquis de Courtanvaux, & à l'un des Commiſſaires nommés par l'Académie pour en faire l'épreuve, il déclara : que » *dès* » *l'année* 1750, (il vouloit dire le 18 Décembre de l'année 1754) » il avoit dépoſé » ſous un papier cacheté au Secrétariat » de l'Académie, le Projet d'une Montre » *ſemblable* (à celle qu'il préſentoit en » 1767 pour l'Épreuve) ; lequel Projet » *contenoit pluſieurs des principes & mé-* » *thodes employés dans cette derniere* ; » qu'en 1764 il avoit préſenté à l'Académie » *ce Projet exécuté* avec divers change- » ments ». (Page 78 du Voyage de M. le Marquis de Courtanvaux).

(*c*) Ci-devant, *page* 20.

(*d*) Dans ſa *Meſure du Temps en mer.*

d'ailleurs la conformité entre la plupart des nouveaux principes qu'il a adoptés, & la Théorie que j'ai donnée dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, public depuis le commencement de 1763; entre les diſpoſitions des parties dont il a fait uſage, & celles qui ſont décrites dans mon *Eſſai*: comme ſa premiere Montre n'a été préſentée que *onze mois* après la publication de mon Ouvrage, ne ſuis-je pas bien fondé à conclure qu'il a emprunté de moi les choſes qui ſe trouvent dans mon *Eſſai*, & qui ne ſe trouvent pas dans ſon Projet de 1754?

Or, il m'eſt facile de prouver que la Montre Marine dont M. L. R. a publié les principes & la deſcription en 1770 (dans ſon *Mémoire ſur la Meſure du Temps en mer*), ne reſſemble en rien à la Montre Marine qu'il projettoit en 1754: il ne m'eſt pas moins facile de prouver que M. L. R. a fait uſage, pour ſa Montre publiée en 1770, des principes & de la diſpoſition de quelques parties eſſentielles, que j'avois publiés dans mon *Eſſai* au commencement de 1763, & d'après leſquels j'avois conſtruit, avant 1761, mon Horloge Marine N°. 1. Je me trouverai encore ici dans le cas de combattre quelques accuſations de *Plagiat* que M. L. R. s'eſt permiſes contre moi; c'eſt avec regret que je me vois forcé à récriminer; & ſi je n'euſſe été attaqué ouvertement & injuſtement, je n'aurois jamais réclamé contre l'uſurpation.

Projet de Montre Marine dépoſé en 1754.	*Deſcription de la Montre Marine publiée en 1770.*
La Montre Marine actuelle de M. L. R. ne reſſemble en rien à celle du Projet de 1754.	
1°. » L'Horloge marquera » les heures, les minutes, & » aura de plus une aiguille qui » ſautera *de deux ſecondes & demie* en *deux ſecondes & demie*. (Page 38 de l'*Expoſé ſuccinct*).	1°. Les vibrations de la nouvelle Montre ſont d'une *demi-ſeconde* chacune. (*Meſure du Temps en mer*, p. 23).
2°. La Montre ne marchera que *ſix heures* ſans être remontée. (*Ibid. page* 42).	2°. Elle peut marcher 38 *heures* ſans être remontée. (*Ibid. page* 21.

3°. » Elle ſera ſoutenue vers » le bas de ſon cadran, par une » ſuſpenſion de *Cardan*, telle » que celle dont M. *Sully* a fait » uſage pour ſa Montre Ma- » rine.

(*Ibidem.*)

4°. » Pour rendre la force » motrice parfaitement conſ- » tante, M. L. R. ſe ſervoit » d'un *expédient propoſé par M.* » *Leibnitz* (*a*), (*Journal des Sa-* » *vants, année* 1675,) *qui con-* » *ſiſte à avoir deux forces motri-* » *ces, dont l'une n'a d'autre fonc-* » *tion que de remonter l'autre.*

C'eſt-à-dire, que la Montre devoit être à *Remontoir.*

(*Ibidem.*)

5°. » La roue de Rencontre » qui eſt portée par un coq hors » de la cage ſur la *platine de* » *derriere*, étant mue par le » reſſort ſpiral (c'eſt le ſecond » reſſort du *Remontoir*), elle » reſtitue le mouvement à la » puiſſance régulatrice qui nous » reſte à décrire.

(*Expoſe ſuccinct*, page 40).

Le Rouage de cette Montre étoit donc *vertical*, puiſqu'on parle d'une *platine de derriere.*

3°. Dans la deſcription de la nouvelle Montre, M. L. R. entre dans des détails ſur la *ſuſpenſion* : il emploie des *frottements doux & à reſſort pour empêcher que l'Horloge n'oſcille, &c.*

(*Ibid. page* 48.)

4°. Dans la nouvelle Montre, il n'eſt plus queſtion de *Remontoir* : la force motrice réſide en entier dans *un ſeul Reſſort plié dans un barillet* ; M. L. R. ne fait pas même uſage d'une *fuſée qui ſeroit* (dit-il) *ſuperflue & même déſavantageuſe dans ſa Montre.*

(*Ibid. page* 51.)

5°. Dans la nouvelle Montre, le rouage eſt *horizontal.*

(*Ibid.* Pl. II. fig. 2.)

(*a*) M. L. R. paroît attribuer l'invention du Remontoir à *Leibnitz*, & la rapporter à l'année 1675 ; mais *Huyghens* l'avoit propoſé dans ſon Traité de l'Horloge à pendule (*de Horologio oſcillatorio*, pag. 18,) imprimé en 1673. M. *Gourdain* avoit depuis imité le *Remontoir* de M. *Huyghens.* (Voy. la *Regle artificielle du Temps*, par *Sully*, page 414 & ſuiv.) De notre temps, M. *Harriſon* en a fait uſage.

6°. » On aura une idée exacte » du Régulateur, ſi l'on ſe re- » préſente *un Pendule d'un de- » mi-pied de longueur* environ, » verticalement ſuſpendu par » un *ſeul reſſort droit*, long de » cinq à ſix pouces, dont la » lentille, un peu différente » des autres par ſa forme, & » *du poids de deux ou trois livres*, » eſt horiſontale, & dont cha- » que extrémité de la verge » formant un pivot, s'ajuſte » dans un trou diſpoſé pour le » recevoir.

(*Ibid. page* 40.

» Au ſurplus, pour éviter » juſqu'à l'ombre de l'objec- » tion, je compte appliquer » quatre rouleaux au pivot in- » férieur de mon Régulateur: » à l'égard du ſupérieur, il ſera » trop fin & trop éloigné du » Balancier, pour que le frot- » tement y devienne ſenſible ».

(*Ibid. page* 43).

7°. Le reſſort droit de ſuſpen- ſion du Régulateur à lentille, ſervoit en même temps de *reſ- ſort réglant, tenoit lieu d'un ſpiral*, & devoit avoir la propriété de rendre toutes *les vibrations iſo- chrones*. » L'Auteur diſoit que, » ayant fait des expériences ſur » différentes maſſes ſuſpendues » par un reſſort droit, comme

6°. Dans la nouvelle Montre, le Régulateur eſt un *Balancier*: il eſt du poids de 5 *onces*, & de 4 pouces de diametre; il eſt ſuſpendu par un *fil de clavecin* fort fin: au lieu du *reſſort droit- réglant* qui tenoit lieu de reſſort ſpiral, le Balancier eſt réglé par *deux reſſorts ſpiraux*.

(*Ibid. page* 22).

Chacun de ſes pivots eſt re- tenu, avec le jeu convenable, entre quatre rouleaux tournant librement dans deux petites cages.

Ibid. page 22.)

7°. Dans la nouvelle Mon- tre, M. L. R. n'a point fait uſage du *Reſſort droit réglant* (du Projet de 1754) qui de- voit rendre toutes les vibra- tions iſochrones: il tire l'Iſo- chroniſme d'une propriété du reſſort ſpiral: ſavoir, » qu'il y » a dans tout reſſort d'une éten- » due ſuffiſante une *certaine*

» ſon balancier, il ne lui avoit » pas été poſſible d'y apperce- » voir une ſeule vibration de » différence ſur mille, en répé- » tant l'opération pluſieurs fois » ſur des arcs de 180 & de 60 » degrés ; & que les avantages » qui réſultent de cette pro- » priété ſont évidents ».

(*Ibid. page* 43.)

8°. M. L. R. ne paroiſſoit pas fort occupé de l'Echappement dans ſon Projet de 1754 : il n'en étoit fait aucune mention : il y eſt ſeulement queſtion d'une roue de *rencontre* dans la deſcription du Remontoir dont elle faiſoit partie. (Voyez ci-devant 5°.)

9°. M. L. R. propoſoit trois expédients pour corriger les effets de la chaleur & du froid : le premier, d'appliquer au reſſort réglant un Thermometre métallique. Le ſecond, d'entretenir une température uniforme auprès de l'Horloge par le moyen des lampes. Le troiſieme, de dreſſer, d'après les

» *longueur*, où toutes les vibra- » tions grandes ou petites ſont » iſochrones ».

(*Ibid. page* 15.)

8°. Dans la conſtruction de la nouvelle Montre, M. L. R. attache un grand prix à l'Echappement : » J'oſe avancer (dit- » il) que c'eſt en grande partie » par l'Echappement qu'ont » échoué la plupart des tenta- » tives qu'on a faites pour dé- » couvrir les Longitudes par » l'Horlogerie. (*Ibid. pag.* 32).

Pour éviter (continue-il) les inconvéniens des meilleurs Echappemens connus, il emploie un Echappement à *détente* & à vibrations libres, &c.

(*Ibid. page* 32).

9°. Aucun des trois expédiens propoſés en 1754, n'eſt employé dans la nouvelle Montre. M. L. R. applique à l'axe du Balancier, deux Thermometres faits chacun d'un tube de verre recourbé, & compoſés de mercure & d'eſprit-de-vin. L'effet de ces Thermometres eſt tel, qu'une portion du mercure,

expériences, une Table des variations de l'Horloge par les différens degrés de chaleur ou de froid, & d'y avoir égard dans l'uſage de l'Horloge. M. L. R. ajoutoit *qu'il préféroit le troiſieme moyen aux deux autres, & qu'il comptoit s'y tenir.*

(Ibid. pages 45 & 46).

partie de la maſſe du Régulateur, eſt rapprochée ou éloignée du centre, ſelon que l'exige l'effet de la chaleur ou du froid ſur le Régulateur.

(*Ibid. page* 41).

10°. M. L. R. paroiſſoit fort occupé, en 1754, de l'inégale denſité du milieu & de la réſiſtance de l'air. Il en a fait un Article particulier de ſon Projet de 1754 (Art. V. page 44). Il regardoit les changements de la denſité de l'air, comme une des ſources d'erreur des Montres ordinaires; & ſon Pendule à *lentille horizontale*, avoit pour but, *de préſenter peu de ſurface, eu égard à ſa maſſe, & de n'éprouver de réſiſtance de la part de l'air, que celle qui peut venir de la cohéſion de ſes parties.*

(Ibid. page 44.)

10°. L'inégale denſité du milieu, ou les variations dans la réſiſtance de l'air, ne paroiſſent plus à M. L. R. (& avec raiſon) mériter qu'on s'en occupe particuliérement dans une Montre à balancier: car l'équipage de deux Thermometres appliqués à l'axe de ſon nouveau Régulateur, doivent éprouver de la part de l'air, une aſſez grande réſiſtance, dont les variations pourroient troubler la régularité de la Machine, ſi ces variations pouvoient, en réalité, produire un effet ſenſible.

D'après ces Tableaux rapprochés de la Montre projettée en 1754, & de la Montre publiée en 1770, il eſt facile de voir que ces deux Machines n'ont pas le moindre trait de reſſemblance: dans la premiere, la juſteſſe de la Montre (abſtraction faite des effets de la chaleur & du froid) eſt fondée 1°. Sur la *conſtante égalité de la force motrice*, rendue uniforme par le moyen d'un *Remontoir*, 2°. Sur l'*Iſochroniſme* des vibrations, qui doivent être toutes d'égale durée, par la propriété d'un *reſſort droit r églant*

qui porte un Régulateur à lentille : dans la Montre de 1770, au contraire, on néglige abſolument l'uniformité de la force motrice : on n'emploie même qu'un reſſort ſimple ſans fuſée : la juſteſſe de la nouvelle Montre eſt fondée 1°. Sur la nature de *l'Echappement*, dont on n'avoit pas parlé dans le Projet de 1754, & qui eſt regardé, en 1770, comme une des parties eſſentielles de la Machine : 2°. Sur une *nouvelle propriété du reſſort Spiral*, lequel reſſort n'étoit pas même employé dans le Projet de 1754. Comment perſuadera-t-on aux Artiſtes, & même aux perſonnes qui ſont les moins initiées dans l'Art de l'Horlogerie, que deux Machines ſont *ſemblables*, quand elles ſont établies ſur des principes abſolument différens ? Comment leur fera-t-on croire, qu'en conſtruiſant la Montre publiée en 1770, on a *exécuté le Projet de* 1754 ?

Mais puiſqu'il eſt bien prouvé que M. L. R. a abandonné ſes principes de 1754, & la diſpoſition des parties conſtitutives d'une Montre Marine, telle qu'il la projettoit alors ; examinons ſi je ne puis rien revendiquer, des nouveaux principes, des nouvelles diſpoſitions qu'il a adoptés, & dont il a fait uſage dans la Montre publiée en 1770. Suivons-le dans quelques détails, ſelon l'ordre où je les ai déja préſentés.

M. L. R. a fait uſage de mes recherches pour la ſuſpenſion de l'Horloge.

On a vu que dans le Projet de 1754, M. L. R. propoſoit la ſuſpenſion de *Cardan* ſans aucune précaution ; mais en 1770, il entre dans des détails, il emploie *des frottemens doux & à reſſorts pour empêcher que l'Horloge n'oſcille*, & on peut voir, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, (N°. 2127), que j'avois imaginé & preſcrit toutes les précautions & les changemens qu'exigeoit cette ſuſpenſion, en l'appliquant aux Horloges Marines, tels que *les frottemens doux & à reſſort*, &c. (voyez ci-devant page 33). M. L. R. ne fait que répéter en 1770 (*a*), ce que j'avois publié au commencement de 1763.

(*a*) Je dis en 1770, parce que c'eſt l'année où M. L. R. a publié ſon Mémoire ſur la *Meſure du Temps en mer*. Je ſuppoſe que ce Mémoire fût tel qu'il eſt imprimé, quand M. L. R. le préſenta, en 1766, à l'Académie, & qu'il n'y ait fait aucun changement quand il le préſenta de nouveau en 1769 ; il aura toujours eu mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* pendant trois ans ſous les yeux, en rapportant même l'époque de ſon Mémoire à l'année 1766.

Le Rouage de la Montre de M. L. R. de vertical qu'il étoit, devient horizontal comme dans mes Horloges.

Je ne m'arrête pas à la disposition du Rouage qui devoit être *vertical* selon le Projet de 1754, & qui est *horizontal* dans les nouvelles Montres, ainsi que je l'avois pratiqué dans mon Horloge, N°. 1. J'avois démontré dans mon *Essai* (N°. 2119) l'avantage de cette disposition, par laquelle les pivots des roues devoient éprouver moins de frottemens, &c.

Je passe à un article qui mérite une attention plus particuliere, au *Régulateur* qu'on peut regarder, à juste titre, comme la partie essentielle & la base de la juste mesure du Temps dans une Machine.

M. L. R. abandonne son Régulateur à pendule & à lentille, & lui substitue mon Balancier.

Il suffit d'avoir les premieres notions en Méchanique & en Horlogerie pour reconnoître à la seule inspection les énormes défauts du Régulateur que M. L. R. se proposoit d'employer dans son Projet de 1754. Je les ai déja relevés en général, dans le premier article de ces *Eclaircissemens*, il seroit inutile d'y insister. M. L. R. en a senti tous les inconvéniens, & en l'abandonnant, il lui a substitué le Régulateur des Horloges Marines que j'ai décrites dans mon *Essai sur l'Horlogerie*, & pour lequel j'ai donné des principes si détaillés, des expériences si nombreuses, enfin une Théorie que j'ose dire m'être particuliere, & qui jusqu'alors n'avoit pas été approfondie. (Voyez ci-devant page 31).

A *son pendule de six pouces, portant une lentille du poids de deux ou trois livres horizontalement suspendue*, M. L. R. a substitué mon *Balancier pesant, avec un grand diametre.*) Voyez ci-devant, page 31 & Pieces justificatives, N°. 25, 26, &c.)

Au lieu de son *ressort droit* qui devoit régler les vibrations du Régulateur, il a adopté mon *ressort Spiral* (*a*).

(*a*) M. L. R. emploie deux ressorts spiraux servant à régler les oscillations du Balancier : l'emploi de ces deux ressorts est connu depuis long-temps en Horlogerie : (Voyez la description abrégée d'une Horloge pour la juste mesure du Temps en mer par *Sully* : pages 175 & 177). Voyez aussi l'emploi des deux ressorts dans le VIe. Volume des Prix de l'Académie, page 47, où M. Daniel Bernouly dit *qu'il croit bien que deux Spirales égales & appliquées en sens contraire, pourroient faire quelque bien.* M. *Romilly*, comme M. L. R. peut le savoir, avoit fait usage de deux ressorts spiraux dans sa Montre qui fut fracassée dans l'Observatoire de M. L. M. à côté de la Montre de M. L. R.

A ce reſſort droit, qui ſervoit en même-temps de reſſort de ſuſpenſion, il a ſubſtitué un *fil de clavecin*. Ici M. L. R. a défiguré mon reſſort de ſuſpenſion, en employant un fil de clavecin : ce changement ne paroît pas heureux, puiſque dans deux occaſions ſon *fil de clavecin* s'eſt caſſé, ce qui n'eſt jamais arrivé à mon reſſort, quoique mon Horloge ait ſubi les mêmes épreuves que la Montre de M. L. R. : il ne lui reſte plus qu'à ſubſtituer mon reſſort à ſon fil de clavecin, pour avoir emprunté mon Régulateur en entier, & il y paroît diſpoſé : car, pour la premiere fois, il dit dans ſon *Précis*, (page 23), en parlant de la ſuſpenſion de ſon Régulateur, un *reſſort étroit* ou *fil de clavecin* : comme ſi c'étoit la même choſe ! M. L. R. veut auſſi nous faire croire que le *reſſort droit réglant* qui portoit ſon Régulateur à lentille, dans le projet de 1754, & qui tenoit lieu de *reſſort Spiral*, eſt la même choſe que le *fil de clavecin* qui porte aujourd'hui ſon balancier ; qu'il ne fait en cela qu'exécuter ſon projet de 1754, & que c'eſt moi qu'il l'ai *copié*. Ecoutons-le lui-même.

M. L. R. adopte la ſuſpenſion de mon Balancier.

» J'ai ſuſpendu (dit-il page 23 du *Précis*) le balancier de ma » Montre Marine par un *reſſort droit* ou un *fil de clavecin*, afin de » ſupprimer le frottement qui ſe fait ſur les pivots par ſon poids » dans les Montres ordinaires : en ceci, ma Montre Marine reſ- » ſemble à celle de M. B. ; mais la date du Mémoire où j'expoſai » cette conſtruction, & les avantages qui en réſultent remontant » à 1754, lorſque celle de l'Horloge, N°. 1, à deux balanciers » de M. B. eſt de 1760, par conſéquent poſtérieure de ſix ans ; » s'il y a ici un Copiſte, ce n'eſt certainement pas moi.

Je ne permets aucune réflexion ſur la maniere dont M. L. R. préſente la queſtion ; je me contente d'y répondre. 1°. Je ne pouvois pas avoir connoiſſance du projet de 1754 de M. L. R., quand j'exécutois en 1760 mon Horloge, N°. 1, puiſque ce projet étoit dépoſé à l'Académie ſous un papier cacheté, & que ce ne fut que le 28 Juin 1763 (*a*) qu'il fut ouvert à la requiſition de l'Auteur qui en demanda copie : je ne puis donc pas avoir

(*a*) Voyez le Certificat du Secrétaire de l'Académie, à la fin de ce Projet, qui fut publié en 1768, à la ſuite de l'*Expoſé ſuccinct*, page 48.

copié M. L. R. trois ans avant que ſon projet fût ouvert. 2°. Mais M. L. R. ne m'a-t-il pas copié, ſinon dans l'idée de ſuſpendre le balancier, du moins dans la diſpoſition de la ſuſpenſion? Ce reſſort droit réglant, qui tenoit lieu de reſſort ſpiral dans la Montre de 1754, eſt-il bien la même choſe que le fil de clavecin qui ſuſpend aujourd'hui ſon balancier, réglé par un reſſort ſpiral; & cette derniere diſpoſition ne reſſemble-t-elle pas plutôt à celle de mon Régulateur, réglé de même par un reſſort ſpiral, & dans lequel la fonction du reſſort fin de ſuſpenſion, comme du fil de clavecin des Montres actuelles de M. L. R. eſt ſeulement d'empêcher le frottement qui ſe fait ſur les pivots? 3°. M. L. R. en parlant en 1770 (dans ſa *Meſure du Temps en mer*, page 52), des raiſons qui l'ont décidé à ſuſpendre ſon balancier, dit « qu'une expérience qu'il a répétée pluſieurs » fois, ſuffit pour montrer combien il eſt eſſentiel qu'un balan- » cier auſſi puiſſant, & dont la maſſe eſt auſſi conſidérable, ſoit » ainſi ſuſpendu. J'ai ſupprimé, ajoute-t-il, le fil de ſuſpenſion, » & j'ai fait porter le pivot inférieur ſur une plaque d'acier trem- » pée, bien polie, & de toute ſa dureté: trois jours après, cette » plaque étoit creuſée à l'endroit du pivot, l'arc des vibrations » conſidérablement diminué, &c. J'ai ſubſtitué à la plaque d'a- » cier une agate polie; le même effet a encore eu lieu, &c. ».

Il n'étoit pas queſtion de cette expérience dans le projet de 1754 de M. L. R.; mais je l'avois faite en 1760, & je la rapportai dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, N°. 2100, note (*a*). On peut le voir ci-après dans les *Pieces Juſtificatives* (N°. 31). M. L. R. a ſans doute regardé mon *Eſſai* comme un fond dont il pouvoit diſpoſer.

On voit donc que, ſi M. L. R. a eu, ainſi que moi, l'idée de ſuſpendre le balancier pour éviter les frottemens des pivots, il n'a fait que d'après moi l'expérience qui prouve la néceſſité de cette diſpoſition; mais la ſuſpenſion n'eut pas ſuffi pour corriger les frottemens, s'il eut conſervé le *Régulateur à lentille* qu'il projettoit en 1754; & j'oſe dire que s'il n'eut ſubſtitué mon *Balancier* à grand diametre, & réglé par un *reſſort ſpiral*, à ſa *lentille horiſontale* réglée par un *reſſort droit*; il eut pu faire des

Montres, auxquelles il eut donné le nom de *Montres Marines*, mais qui n'auroient jamais pu ſervir à l'uſage auquel on deſtine ces Machines : & M. L. R. a oſé mettre en queſtion qui de nous deux étoit le *Copiſte !*

Une accuſation de Plagiat demandoit ſans doute d'être appuyée par une nouvelle preuve: voici celle que M.L.R. y ajoute. » Je ne puis m'empêcher (dit-il, page 23 du *Précis*) de remar» quer en outre que dans l'Horloge, N°. 1 de M. B. & dans » le projet qui ſuit, les reſſorts de ſuſpenſion des Balanciers » ſont larges & très-courts, ce qui eſt fort défectueux ; ce n'eſt » que *depuis l'impreſſion de mon Mémoire ſur mes Montres*, que » ces reſſorts ont été changés en fils d'acier plats, très-déliés, » & longs, ce qui revient à très-peu près au fil de clavecin. »

Je me retiens toujours de faire des réflexions ſur la maniere dont M. L. R. préſente les choſes ; mais je me flatte qu'elles ne pourront échapper au Lecteur quand j'aurai expoſé les faits. 1°. On ne doit pas perdre de vue que le *Mémoire ſur les Montres de M. L. R.* dont il eſt ici queſtion, c'eſt ſa *Meſure du Temps en mer*, publiée en 1770 : or mes Horloges, N°. 8 & N°. 6, dans leſquelles le reſſort de ſuſpenſion, *plat* & *très-délié* a été employé, étoient exécutées en 1768, puiſque la premiere épreuve qu'on a faite de ces deux Machines a commencé dans cette même année. Si M. L. R. vouloit dire que j'ai dû apprendre par ſon *Expoſé ſuccinct*, publié en 1768, que le Balancier de ſa Montre étoit ſuſpendu par un *fil de clavecin ;* je lui demanderois d'abord s'il penſe que l'accident, arrivé à l'une de ſes Montres, (dont le fil de ſuſpenſion caſſa) ait dû engager quelque Artiſte à faire uſage d'un ſemblable moyen ? D'ailleurs, on peut voir dans mon *Traité des Horloges Marines*, (*Planche V^e.*) le profil de l'Horloge, N°. 2, dans laquelle les Balanciers, beaucoup plus petits que ceux de l'Horloge N°. 1, ſont ſoutenus par des reſſorts fins & déliés & les plus longs que j'ai jamais employés. Le deſſein de cette Machine, telle qu'elle eſt gravée dans mon *Traité*, telle que je l'ai exécutée, faiſoit partie du dépôt, que je fis entre les mains de l'Académie, le 29 Août 1764 :

le deſſein original eſt paraphé par le Secrétaire de l'Académie. 2°. Je conviens que les Reſſorts de ſuſpenſion de mes Horloges actuelles ſont plus déliés & plus longs que ceux qui portoient les balanciers de mon Horloge N°. 1 ; mais M. L. R. auroit dû voir que chaque Balancier de cette premiere Horloge (dont j'ai réduit les dimenſions à la demande de l'Académie, (*a*) ayant *un pied* de diametre, peſant environ 3 livres, & ne décrivant que des arcs de 30 degrés, je ne pouvois pas les faire porter par un reſſort auſſi délié ; leur force devoit être proportionnée au poids qu'ils avoient à ſupporter : je devois me flatter au moins que M. L. R. en tâchant de tirer à lui l'honneur de l'invention, voudroit bien au moins laiſſer croire que j'avois le ſens commun. 3°. Mais je dois inſiſter ſur une différence eſſentielle, qui ſert à prouver qui de nous deux eſt le *Copiſte* dans la diſpoſition du *Régulateur*. Les Balanciers de mes premieres Horloges étoient ſuſpendus par un Reſſort, dont la longueur & la largeur étoient proportionnées à la maſſe qu'ils avoient à ſupporter ; leurs vibrations étoient réglées par un Reſſort ſpiral : ces deux diſpoſitions eſſentielles ſont les mêmes dans mes dernieres Horloges. Mais l'ancien Régulateur de M. L. R. étoit un *Pendule à lentille horizontale* ; il eſt devenu un *Balancier* dans ſes Montres actuelles : le *Reſſort réglant*, qui faiſoit fonction de Reſſort ſpiral pour régler les vibrations, eſt devenu un *fil de clavecin*, ſervant à porter le Balancier : le *Reſſort ſpiral*, qui n'étoit pas même employé dans le Projet de 1754, joue le principal rôle dans les Montres actuelles ; c'eſt d'une propriété de ce reſſort qu'ond attend principalement la juſteſſe de la Machine : rien n'eſt reſté du Projet de 1754 ; & dans les Montres actuelles de M. L. R. les diſpoſitions eſſentielles du Régulateur ſont conformes à ce que j'avois exécuté dès 1760, à ce que j'avois même publié dès le commencement de 1763, c'eſt-à-dire, *onze mois* avant que M. L. R. préſentât une premiere Montre Marine. S'il y a ici un *Copiſte* ; qui de nous deux peut l'être ?

(*a*) Voyez ci-devant, *pages* 22 & 23.

» J'ai procuré la liberté du Régulateur (dit M. L. R. page » 24 du *Précis*) en faiſant tourner ſes pivots entre des Rouleaux, » pour éviter les frottemens latéraux. Je ſuis fort éloigné de » m'attribuer cette heureuſe découverte, principalement dûe » à M. Sully; mais on ne peut me refuſer d'en avoir le premier, » depuis lui, fait l'application au Balancier des Montres Ma- » rines; j'expoſe les avantages de cette méthode dans mon Mé- » moire de 1754, lu à l'Académie en 1763 ». De l'emploi des Rouleaux.

Je ne me ſuis jamais attribué plus que M. L. R. l'invention des Rouleaux: par-tout, dans mes *Mémoires* dépoſés à l'Académie (*a*), dans mon *Traité des Horloges Marines* (*b*), je les appelle *les Rouleaux de Sully*. J'ignore ſi M. L. R. en a fait plutôt que moi l'application aux Montres Marines: cette diſcuſſion ſeroit aſſez indifférente, puiſque l'un & l'autre nous en avons pris l'idée de *Sully* qui en faiſoit uſage dans ſa Pendule à Levier, ou Horloge Marine: ce qui eſt certain c'eſt que je les avois employés dans la Machine d'expériences qui eſt décrite dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 512 & 513: j'en avois fait uſage dès 1754, comme on peut le voir dans un de mes Mémoires dépoſé à l'Académie (*c*). Les pivots du Balancier de ma Montre Marine N°. 3, exécutée en 1763 & éprouvée en 1764, rouloient entre ſix Rouleaux: je ne pouvois pas ſavoir, quand je m'en ſervois, que M. L. R. les propoſoit dans ſon Projet de 1754, que je n'ai pu connoître qu'en 1768. Il paroît d'ailleurs que, dans le temps de ſon Projet, M. L. R. ne regardoit pas l'uſage des Rouleaux comme fort eſſentiel: » Pour éviter (diſoit-il page 43, de l'*Expoſé ſuccinct*) » juſqu'à l'ombre de l'objection, je compte appliquer quatre » Rouleaux au pivot inférieur de mon Régulateur: à l'égard » du ſupérieur, il ſera trop fin & trop éloigné du Balancier, » pour que le frottement y devienne ſenſible.

Aſſurément ſi jamais Régulateur eut beſoin de Rouleaux à ſes deux pivots, c'étoit le Régulateur à *Lentille*, du poids de

(*a*) Traité des Horloges Marines, N°. 4 de l'App. *page* 529.
(*b*) *Ibid.* N°. 23.
(*c*) Voyez la Note (*a*) du N°. 4 de l'App. *Traité des Horloges Marines*, page 529.

3 livres, que M. L. R. ſe propoſoit alors d'employer. Quant aux avantages qui doivent réſulter de l'emploi des Rouleaux, je ne puis être de l'avis de M. L. R., & je ne conviendrai pas que ces avantages découlent du principe qu'il veut établir dans ſon *Mémoire* de 1770. » Le frottement (dit-il (*a*) ſur les pivots » des rouleaux qui contiennent le Balancier de la nouvelle Mon» tre, eſt preſque nul : en voici la raiſon. *Les pivots de ces* » *Rouleaux ont néceſſairement un peu de jeu dans leurs trous :* » *d'où il arrive que, quand ces Rouleaux parcourent un très-* » *petit arc, leurs pivots ne font que s'appuyer ſur les parois de leurs* » *trous ſans y frotter.*

Cette Concluſion ne me paroît pas exacte. M. L. R. confond ici le frottement bien réel des *pivots* des Rouleaux, avec le développement qui a lieu dans un Pendule (décrivant de petits arcs) dont la ſuſpenſion, faite *à couteau*, poſe ſur une *gouttiere :* il eſt certain que, dans un tel Pendule, le mouvement que fait le couteau ſur ſon appui, eſt le développement de la petite portion de cercle qui termine le couteau ; & ce développement déplace & fait mouvoir l'axe du Pendule parallélement à lui-même (voyez *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 2024) : mais dans les Rouleaux de M. L. R. ce même effet ne peut avoir lieu ; il faudroit, pour qu'il en fût de même (ainſi que le ſuppoſe M. L. R.), que les trous des pivots fuſſent très-grands, que leurs pivots fuſſent très-petits, & que ces pivots parcouruſſent dans chaque vibration du Balancier, un arc infiniment petit : or les vibrations du Balancier de M. L. R. ſont de 120 degrés, & ſes Rouleaux (à en juger par la figure jointe à ſon Mémoire) n'ont pas plus de huit lignes de diametre : les pivots des Rouleaux doivent donc, à chaque vibration du Balancier, parcourir eux-mêmes un arc aſſez conſidérable, qui ne peut être conſidéré comme le *développement* d'un couteau, & qui eſt un *frottement* bien réel. Je remarquerai en outre que ſi les trous des pivots étoient plus grands qu'ils n'ont beſoin de l'être pour recevoir l'huile & laiſſer tourner librement les Rouleaux, il en réſulteroit un très grand défaut, par le jeu

(*a*) Meſure du Temps en mer, *page* 55.

que l'axe du Balancier auroit néceſſairement entre les Rouleaux.

En réſumant ce qui vient d'être dit, on voit 1°. que les Montres Marines actuelles de M. L. R. ne reſſemblent en rien à celle qu'il projettoit en 1754. 2°. Que le Régulateur de ſes nouvelles Montres eſt abſolument différent de celui qu'il ſe propoſoit d'employer ; & que cette partie fondamentale d'une Horloge Marine eſt faite dans ſes Montres, d'après le Régulateur que j'ai employé dans toutes mes Horloges, depuis la premiere qui fut exécutée en 1760, & dont les principes, la diſpoſition, &c. ont été publiés depuis le commencement de 1763 dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*. M. L. R. ne paroît avoir rien ajouté à ce que j'avois déterminé ſur cette matiere ; il ne traite même pas du Balancier *en tant que Régulateur*, dans ſon *Mémoire ſur la Meſure du Temps en mer*, publié en 1770 : comme ſi cette partie conſtitutive & eſſentielle d'une Horloge Marine pouvoit être indifférente ou arbitraire! Il n'établit pas ſi le Balancier doit être grand ou petit ; peſant ou léger ; faire des vibrations promptes ou lentes ; quelle doit être ſa figure, &c. il ſe contente de donner le poids & le diametre de celui qu'il a employé dans ſa nouvelle Montre : tout ce qui regarde la Théorie du Balancier, *en tant que Régulateur*, y eſt abſolument paſſé ſous ſilence. M. L. R. a bien ſenti, ſans doute, qu'il ne ſeroit pas poſſible ici de cacher la ſource où il auroit puiſé les principes, & de maſquer aſſez ce qu'il devoit en dire, pour qu'il ne me fût pas trop facile de prouver que je les avois établis dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, où cette Théorie a été développée & confirmée par un grand nombre d'expériences de toute eſpèce. Le Lecteur peut ſe rappeller le jugement que le célèbre M. *Daniel Bernoulli* a porté de cette Théorie. (Voyez *ci-devant page* 43.)

Suivons encore M. L. R. dans quelques détails de Théorie & de Conſtruction qu'il a publiés en 1770, dans ſa *Meſure du Temps en mer*, & dont il n'étoit fait aucune mention dans ſon Projet de 1754.

En traitant dans le premier Article de ſon Mémoire de 1770, (page 9) du Reſſort en général & des altérations qui

Des divers effets des Reſſorts.

peuvent arriver dans la force du Reſſort ſpiral, M. L. R. ſe fait cette queſtion qu'il dit être faite pour la premiere fois : *le Reſſort en lui-même, & faiſant abſtraction des effets de la chaleur, eſt-il une puiſſance conſtante, ſur laquelle on puiſſe établir un principe de régularité : ou ne l'eſt-il pas?*

Pour réſoudre cette queſtion, M. L. R. rapporte des expériences faites avec un inſtrument qu'il nomme *Elatérometre* : il ſert à meſurer l'effet des Reſſorts. » Au moyen de cet inſ- » trument, dit-il, on reconnoit que le Reſſort perd une partie » conſidérable de ſa force dès les premiers mois de ſa tenſion ; » qu'enſuite la perte eſt beaucoup moins grande ; qu'enfin elle » devient preſque inſenſible, à moins que le Reſſort n'éprouve » un degré de chaleur conſidérable, &c.

L'expérience de M. L. R. confirme mes principes.

En examinant autrefois les divers effets des Reſſorts, j'avois prévu & annoncé la cauſe de la perte de la force d'un Reſſort (voyez *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 1981, & ci-après N°. 72 des *Pièces juſtificatives.*) M. L. R. a confirmé mes principes par l'expérience qu'il rapporte.

» Ces expériences, continue M. L. R. (*a*), ſembleroient » montrer que les vibrations du Reſſort ne pourroient meſurer » le Temps qu'imparfaitement ; mais voici, ajoute-t-il, pluſieurs » conſidérations qui doivent nous raſſurer : 1°. les vibrations » de ce Reſſort, ſa contraction & ſon développement, ne » ſont que momentanées : 2°. en ſuppoſant que, dans la contrac- » tion, par exemple, il peut ſe *tendre* (*b*) quelque peu, il » rétablira bien-tôt par ſon développement.

M. L. R. redit en d'autres termes ce que j'avois dit dans mon *Eſſai.*

Ici M. L. R. a cherché d'autres expreſſions pour s'approprier ce que j'avois dit dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 1984 & 1986, quand j'ai voulu prouver que la force du Spiral étoit conſtante. (Voyez ci-après les N°. 74 & 76 des *Pièces juſtificatives* ; tout le Chapitre XXXV de la ſeconde Partie de mon *Eſſai* traite du Reſſort & de ſes effets. On peut voir auſſi ce que j'ai dit ſur le Reſſort ſpiral N°. 2096, 2105, 2106, 2107, 2108, &c. du même Ouvrage.)

(*a*) Meſure du Temps en mer, *page* 10.
(*b*) Je penſe qu'il devroit y avoir ſe *rendre.*

M.

M. L. R. conclut avec moi que la force vibrante du Reſſort eſt une force conſtante (*a*) ; mais il auroit dû ajouter que cette force ne peut être *conſtante* que lorſque le Reſſort ſpiral a été trempé *tout plié* ; ce qui lui procure en même-temps la plus parfaite élaſticité. (Voyez l'*Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 2108 & ci-après les *Pièces juſtificatives* N°. 39.)

M. L. R. a emprunté de mon *Eſſai ſur l'Horl.* la nouvelle diſpoſition des *Pitons* du reſſort ſpiral.

M. L. R. en traitant des Reſſorts ſpiraux qu'il a adaptés à l'axe de ſon nouveau Régulateur, dit (*b*) : » qu'il faut prendre » des ſoins particuliers pour que ces Reſſorts ſe puiſſent mou- » voir très-librement, & n'éprouvent pas la plus légere » contrainte par leur application au Balancier. Dans cette vue, » continue-t-il, j'ai fait exécuter des *Pitons* capables de recevoir » toutes les ſituations requiſes, pour que le Reſſort y ſoit atta- » ché ſans ſouffrir la moindre contrainte : un premier mouve- » ment les fait avancer ou reculer dans leur rainure, pour aller » gagner le Reſſort : on les fait baiſſer ou hauſſer enſuite à » volonté, en les tournant légérement ſur les vis par leſquelles » ils s'adaptent aux bâtis, &c.

L'invention de ces *Pitons* doit avoir coûté peu de travail à M. L. R. j'en avois décrit la diſpoſition & démontré les avantages dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* : on y lit (au N°. 2109) : » il ne faut pas que les Spiraux gênent les Balanciers en preſ- » ſant les Pivots contre les trous, &c. C'eſt pour y parvenir » que je diſpoſe le *Piton* du Spiral de maniere à pouvoir l'ap- » procher ou l'écarter du centre, & à l'arrêter avec deux fortes » vis au point où le Reſſort eſt libre « & dans le N°. 2110 on lit : » la virole du Spiral arrêtera le Spiral au moyen de » deux vis ; & le Spiral pourra monter ou deſcendre ſur le » *Piton* & ſur la virole, de maniere à ne pouvoir pas être » bridé ſelon la hauteur des lames. (Voyez encore le N°. 2172) «. On peut voir la diſpoſition de toutes les pièces dans les Planches de l'*Eſſai*, Planche XXI. *O Q*, *P Q*. Planche XXII, 12 & 13. (Voyez auſſi ci-après *Pieces juſtificatives* N°. 40, 41 & 42).

Obſervation de M. L. R. ſur le

En examinant (dans l'Article V^e. *de la Meſure du*

(*a*) *Meſure du Temps en mer*, page 12.
(*b*) *Ibid.* pag. 45.

Régulateur des Montres communes, priſe dans mon *Eſſai*.

Temps en mer page 19,) une des cauſes d'erreur des Montres communes, le peu de puiſſance du Régulateur eu égard à la force motrice, M. L. R. dit que » ces inconvéniens réſultent » de ce que la réſiſtance de l'air & des frottemens font per- » dre un mouvement conſidérable au Régulateur dans chaque » vibration; & de ce que le Balancier d'une Montre *devant* » *partir au doigt, c'eſt-à-dire, être remis en mouvement par la force* » *motrice, lorſque ce mouvement a ceſſé par quelque cauſe que ce* » *ſoit, ce Balancier ne peut être que leger.*

Cette obſervation a été faite pour la premiere fois dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* N°. 2090, 2097. (Voyez auſſi ci-après les N°. 22 & 28 des *Pièces juſtificatives.*)

De la néceſſité de donner au Régulateur la plus grande liberté poſſible. M. L. R. ne dit pas comment on y parvient.

En parlant de la néceſſité de donner aux vibrations du Régulateur la plus grande liberté poſſible (Article IVe. de la *Meſure du Temps en mer*, page 25,) M. L. R. dit: » Je » crois avoir déja prouvé, Article IIe. de la ſeconde Par- » tie, que, pour donner à une Horloge le plus grand degré de » juſteſſe dont elle ſoit ſuſceptible, il faut que les vibrations » de ſon Régulateur ayent le plus parfait Iſochroniſme, & *la* » *plus grande liberté poſſible.*

Si l'on conſulte l'Article IIe. de la ſeconde Partie, auquel M. L. R. renvoie le Lecteur, on y voit qu'en effet il traite de l'Iſochroniſme; mais quant à *la plus grande liberté poſſible du Régulateur*, il dit ſeulement à la fin de l'Article: » Ce qui précede nous prouve déja que le mieux, ſans aucune » comparaiſon, ſera toujours, comme je le démontrerai plus » poſitivement ci-après, de donner aux vibrations du Balancier » la plus grande liberté poſſible ».

Mais il auroit fallu dire de quoi dépend cette liberté, en quoi elle conſiſte, &c. c'eſt ce qu'on ne trouve dans l'un ni dans l'autre Article, quoique l'un & l'autre ſe renvoient réciproquement le Lecteur. M. L. R. n'auroit pu établir des principes ſur cet objet, comme ſur tout ce qui concerne la *Théorie du Régulateur*, qu'en répétant ce que j'avois établi depuis long-temps dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie.*

De l'Echappement à détente &

Je paſſe à l'*Echappement à détente & à vibrations libres*, ſur

lequel M. L. R. prétend avoir des droits inconteſtables & excluſifs. » M. B. (dit-il) rapporte que feu M. *Camus*, » lui avoit dit que défunt M. *du Tertre*, avoit eu le premier » cette idée ; il aſſure en outre qu'en 1754, il en avoit ima- » giné un de cette eſpèce, & que, dans ſon voyage à Lon- » dre en 1766, M. *Mudge* lui en avoit montré un ſemblable. » On ſent aſſez à quel deſſein il fait toutes ces citations ; mais » elles ne peuvent empêcher qu'en 1748, l'Académie n'ait dé- » claré, en parlant du premier échappement à vibrations libres » qui eut paru & que je lui avois préſenté, que l'*idée lui en* » *paroiſſoit neuve & ſuſceptible de beaucoup d'avantages.*

à vibrations libres. M. L. R. n'en eſt pas le premier Inventeur.

Il eſt très-ſûr qu'en 1748, M. L. R. préſenta un Echappement à l'Académie ; il eſt très-ſûr que l'Académie dit alors que l'idée *lui en paroiſſoit neuve* : quel étoit cet Echappement ? L'Académie ne le dit pas. Mais M. L. R. peut-il nous dire aujourd'hui, en ſuppoſant que ce fût un Echappement à vibrations libres, que l'idée en étoit *neuve* ? Peut-il exiger que nous croyions que ſon Echappement de 1748, étoit *le premier* de ce genre *qui eut encore paru* ? Et ſeroit-il poſſible qu'il eut oublié ce qu'il nous en a dit lui-même dans ſes *Etrennes Chronométriques* pour l'année 1759 (*a*) ? Je vais lui remettre ſes propres paroles ſous les yeux. » Convaincu (diſoit-il) de la vérité du » ſentiment de *Deſcartes*, j'entrepris, en 1751, de faire une » Pendule allant huit jours avec une ſeule roue dans ſon mou- » vement. Ce qui me donna l'idée de cette conſtruction fut » un Echappement de Montre à repos & *à détente* que je pré- » ſentai à l'Académie en l'année 1748, & dont elle porta un » jugement favorable qu'on peut voir dans ſes Mémoires pour » cette année. *Ma penſée n'étoit pas auſſi neuve que je me l'étois* » *figuré :* MM. du Tertre *fils*, *Artiſtes recommandables à tous* » *égards*, *me montrerent peu après un modele de Montre de feu* » *M. leur Pere*, & *que M.* du Tertre *l'aîné doit avoir encore.* » Ce modele, fort différent de ma conſtruction, *eſt cependant*

(*a*) *Etrennes Chronométriques* pour l'année 1759, par M. L. R. l'aîné fils, de l'Académie Royale d'Angers ; à Paris, chez l'Auteur, aux Galleries du Louvre, *page* 88.

» *le même*, quant au but qu'on s'y eſt propoſé : *le mouvement ;* » *dans l'un & dans l'autre, n'eſt reſtitué au Régulateur que toutes* » *les deux vibrations*, &c. « & plus bas on lit ce qui ſuit : » La » liberté du Régulateur procurée, dans l'Echappement de M. » *du Tertre*, par une *détente* que formoit un long levier, arrêté » pendant deux vibrations par l'arbre du Balancier, & mû par » une ancre qui lui étoit adaptée, me ſembloit donc fort » avantageuſe, &c.

Feu M. Camus, n'avoit donc pas tant de tort, quand je lui fis voir, en 1754, mon Echappement *à détente & à vibrations libres*, de me dire que depuis long-temps *défunt M. du Tertre* en avoit propoſé & employé un pareil ? Nous nous trouvons, M. L. R. & moi, dans le même cas ; nous avions été devancés pour une invention qui a dû ſe préſenter à pluſieurs Artiſtes : mais M. L. R. veut ſe l'approprier excluſivement, & j'en ai fait hommage au contraire à M. *du Tertre*, comme à celui qui l'avoit propoſée le premier ; quoique aſſurément je n'euſſe connoiſſance d'aucun Echappement de cette eſpèce, quand je propoſai le mien exécuté à M. *Camus*. On ſent bien pourquoi M. L. R. eſt ſi jaloux de cette invention : il eſt perſuadé que *c'eſt par l'Echappement qu'ont échoué la plupart des tentatives qu'on a faites pour découvrir les Longitudes par l'Horlogerie* (*a*), & que l'Echappement à détente & à vibrations libres eſt exempt de tous défauts. Je ſuis bien éloigné de penſer comme lui à cet égard ; mais ce n'eſt pas ici le lieu d'entamer une diſcuſſion qui nous méneroit trop loin : je crois d'ailleurs qu'on peut employer avec un égal ſuccès des Echappemens de nature très-différente ; & ceci n'eſt pas une opinion ; c'eſt un fait : la Montre Marine de M. *Harriſon*, celle de M. L. R. & mon Horloge, ont toutes les trois des Echappemens qui différent eſſentiellement, ſoit dans leur principe, ſoit dans leur exécution (*). Au reſte, je ne ferai aucune difficulté d'employer

(*a*) *Meſure du Temps en mer*, page 32.

(*) Dans mes Horloges N°. 6, N°. 8 & N°. 19, j'ai employé un même Echappement ſemblable à celui du N°. 1, à la différence près des palettes qui ſont formées de rubis dans les dernieres : j'ai tenté l'application de mon Echappement à vibrations libres dans l'Horloge N°. 9, & l'ai enſuite ſupprimé pour des défauts que j'y ai reconnus, & je ſuis revenu à celui en rubis.

l'Echappement à vibrations libres, ſi les expériences que je me propoſe de répéter me prouvent jamais qu'il eſt préférable à tout autre ; & en cela, j'en uſerai comme d'un bien propre, & je ne croirai avoir copié, en aucune façon, ni M. L. R. ni M. *du Tertre* : car je ne connois pas la diſpoſition de l'Echappement de ce dernier ; & on peut voir que ceux que j'ai propoſés, en ce genre, dans mon *Traité des Horloges Marines* (*a*), différent de l'Echappement dont M. L. R. nous a donné la deſcription dans ſa *Meſure du Temps en mer* (*b*). Je ne diſputerai point d'ailleurs contre la préférence que M. L. R. croit que ſon Echappement doit avoir ſur le mien : il eſt ſi naturel d'aimer ſes enfans, quand ils ne ſeroient qu'adoptifs.

Le méchaniſme de compenſation employé par M. L. R. eſt imité de *Graham*.

Le Méchaniſme que nous avons employé pour compenſer les effets de la chaleur & du froid, differe abſolument dans les Montres de M. L. R. & dans mes Horloges Marines. M. L. R. n'a pas pu dire ici que je l'avois copié ; mais pour tâcher de ne me laiſſer rien en propre, il appelle mon Méchaniſme de compenſation *le gril de M. Harriſon* : j'ai prouvé qu'il m'appartient, & que je n'ai copié perſonne (*ci-devant pag.* 38 *&* 39). On voit bien-tôt où M. L. R. en veut venir ; il veut qu'on croie que je ne ſuis qu'imitateur, & que lui au contraire eſt toujours original.

Le moyen de compenſation (dit-il, page 31 du *Précis*), auquel, j'oſe le dire, perſonne n'avoit penſé juſqu'à moi, c'eſt de *faire tranſporter par quelqu'agent phyſique une partie de la maſſe du Balancier, proportionnelle au degré de chaleur qu'il éprouve, de ſa circonférence vers le centre*. M. L. R. a ſoin de prévenir l'objection qu'il prévoyoit qu'on ne manqueroit pas de lui faire contre la prétendue originalité de cette compenſation. On peut voir (dit-il dans la note *a* page 32 du *Précis*), en parlant d'un moyen de compenſation, imaginé anciennement par M. *Graham* : « on peut voir quelque rapport entre cette conſtruction & ma compenſation dans les » Montres Marines ; mais je me perſuade que les perſonnes

(*a*) N°s. 281, 283, 967, 969, 970, 971 & pluſieurs autres. Voyez auſſi N°s. 1001, 1002 & ſuiv.

(*b*) Page 31 & ſuiv.

» impartiales le trouveront fort indirect & fort éloigné ». Quoi qu'en puiſſe dire M. L. R. ce rapport paroîtra beaucoup plus direct & moins éloigné qu'il ne voudroit qu'on le pensât : en effet quel étoit la fonction du Thermometre de Mercure que M. *Graham* adaptoit au Pendule, pour le rendre iſochrone par les différentes températures ? La même que celle des Thermometres, que M. L. R. adapte à l'axe de ſon Balancier : M. *Graham employoit*, comme M. L. R. *un agent phyſique, à tranſporter une partie de la maſſe du Pendule, proportionnelle au degré de chaleur qu'il éprouve, du centre de gravité, vers le centre d'oſcillation* ; de maniere que le centre de gravité du Pendule ſe trouvât toujours à une même diſtance de ſon centre d'oſcillation. J'oſe dire que ce moyen de compenſation doit paroître aux perſonnes *impartiales* le même que celui que M. L. R. emploie pour le Balancier de ſa Montre Marine (*a*).

La ſeule différence qu'on puiſſe trouver entre le Thermometre de M. *Graham*, & celui de M. L. R. c'eſt que M. *Graham* n'employoit que du mercure, & que M. L. R. pour augmenter l'effet de la compenſation, compoſe ſes Thermometres de mercure & d'eſprit-de-vin, (Voyez page 41 de la *Meſure du Temps en mer* ;) mais cette différence dans la conſtruction n'a pas dû exiger beaucoup de recherches de la part de M. L. R. J'ai donné la conſtruction de ſemblables Thermometres, *compoſés de mercure & d'eſprit-de-vin*, dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, N°. 701, & repréſentés Planche XIV, fig. 7.

Je ne veux pas faire la critique des Thermometres de M. L. R. mais l'expérience ne juſtifie-t-elle pas ce que j'ai dit,

(*a*) On peut voir, dans mon *Traité des Horloges Marines*, page 88, que j'avois fait uſage d'un moyen dont le principe eſt le même, dans un premier Projet que j'avois dépoſé à l'Académie. Mais, à l'examen, je reconnus que ce moyen de compenſation, ſuffiſant peut-être pour un Pendule, ne pourroit être exact pour un Balancier, dont il eſt capable de troubler l'équilibre.

Voyez auſſi la Note (*b*) de la page 529 du *Traité*, laquelle faiſoit partie d'un Mémoire dépoſé à l'Académie le 29 Août 1764. J'ignore ſi dans ce temps M. L. R. faiſoit déja uſage du moyen de compenſation qu'il décrit en 1770 ; mais il eſt à préſumer qu'il ne s'en étoit pas ſervi dans ſa premiere Montre de 1763, qui avoit *trois pieds* de longueur, & dans laquelle, ſans doute, il faiſoit uſage d'un des expédients qu'il propoſoit dans ſon Projet de 1754. (Un Thermometre métallique).

en parlant de cette méthode, dans mon *Traité des Horloges Marines*, (N°. 260)? On verra ci-après, dans l'Article III, que le Thermometre de ſa Montre *A* fut caſſé, dans l'épreuve ſur *la Flore*, par un choc que reçut la caiſſe de cette Montre; & qu'on a ſuppoſé que des variations obſervées dans ſon autre Montre *S*, devoient être attribuées au mélange que le même choc avoit occaſionné dans les liqueurs des Thermometres de cette Montre. L'expérience juſtifie auſſi la ſolidité & l'effet de mon Méchaniſme de compenſation, & doit nous raſſurer contre l'objection de M. L. R. qui craint bien (dit-il, page 32 du *Précis*), que 16 tringles, ajuſtées par des chevilles & des traverſes, ne paroiſſent au plus grand nombre d'Artiſtes un appareil difficile à arranger avec la ſolidité convenable, &c.

Il me reſte à parler des moyens qu'on peut employer pour éprouver une Horloge Marine à différents degrés de chaleur.

M. L. R. veut s'attribuer l'idée d'avoir éprouvé les Montres Marines dans une Etuve: j'en avois publié l'uſage ſix ans avant qu'il s'avisât d'en faire l'application.

» Pour parvenir (dit M. L. R. page 28 du *Précis*) à com-
» penſer avec exactitude les erreurs qui réſultent de la chaleur
» ſur les Montres Marines, il faut d'abord avoir un moyen sûr
» de ſe procurer à volonté différents degrés de chaleur uni-
» formes, conſtans, & de longue durée. On les obtiendra
» aiſément par des lampes. Pour cet effet, » &c. Suit la deſcription de ſon *Etuve*.

» On apperçoit (continue-t-il) les avantages d'une ſemblable
» *Etuve* dans nombre de cas, où le Phyſicien & l'Artiſte ont
» beſoin d'un degré de chaleur conſtant & durable. Si je m'en
» étois ſervi plutôt, on eut ſans doute été plus content de mes
» ouvrages, dans les Campagnes que j'ai faites ſur l'*Aurore* &
» ſur l'*Enjouée*; mais, je dois l'avouer; quoique ce moyen ſoit
» tiré d'un Mémoire que j'ai remis à l'Académie, il y a trois ans,
» (le premier Septembre 1769 (*a*)); cette même fatalité, par
» laquelle l'Auteur du *Traité des Horloges Marines* a trouvé
» le principe de l'Iſochroniſme des Reſſorts, 18 mois après que
» je l'eus annoncée (*b*), a encore influé ici: *cette Etuve* eſt dé-

(*a*) Voyez le Certificat de l'Académie, page 46 du Précis.

(*b*) On a vu ci-devant (*pages* 43 & ſuiv.) la Réponſe à cette ingénieuſe ironie.

» crite, page 497, Planche 26 du *Traité*, &c. avec quelques » légers changemens ».

Qui oſeroit douter, en liſant ce que je viens de tranſcrire; que M. L. R. ne ſoit en effet le premier qui ait imaginé d'éprouver les Horloges Marines dans une *Etuve*, & que je ne ſois ſon *Copiſte ?* Le ton aſſuré & ironique avec lequel il annonce ſa prétendue invention, & mon prétendu plagiat, ſemble même interdire tout examen : j'oſerai cependant me permetre d'en faire un, & je prouverai évidemment qu'en effet il y a un *Copiſte*; & que ce n'eſt pas moi.

M. L. R. convient lui-même que ce n'eſt que *depuis trois ans* qu'il a imaginé *l'Etuve* : il conſte d'ailleurs, par le certificat de l'Académie, que ce ne fut que le *premier Septembre de l'année* 1769, que M. L. R. dépoſa ſon projet d'*Etuve*. Mais, dès le *premier Janvier 1763*, c'eſt-à-dire, *ſix ans ſeulement auparavant*; j'avois publié dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, (N°. 1680 & ſuiv. Tome II & Planche XXIV) la deſcription & le deſſein de *l'Etuve* dont je me ſervois pour faire mes expériences ſur la chaleur : j'ai rapporté dans le même Ouvrage, (N° 2204 & ſuivants) les expériences que j'avois faites avec cette même *Etuve* ſur mon Horloge Marine, N°. 1, exécutée avant 1761 : la petite *Etuve*, dont on trouve la deſcription & le deſſin dans mon *Traité des Horloges Marines*, étoit exécutée en 1768, & M. *Gouſſier*, célebre Deſſinateur, la deſſina chez moi cette même année, d'après la Machine même qu'il avoit ſous les yeux : elle m'a ſervi à faire mes expériences ſur les Horloges, N°. 6 & N°. 8, qui étoient parties pour *Rochefort* dans le mois de Septembre de cette même année 1768, (*a*). Et M. L. R. qui n'a imaginé de ſe ſervir d'une *Etuve* (comme il l'avoue lui-même) que le premier Septembre 1769, nous dit hardiment qu'il eſt le *premier* qui ſe ſoit ſervi d'une *Etuve* pour éprouver les Horloges Marines, & que par une ſuite de la *fatalité* attachée à mes découvertes, je n'ai eu cette idée que 18 mois après lui. Quand même le Projet

(*a*) J'avois fait conſtruire cette petite *Etuve* pour qu'elle pût être tranſportée facilement, & afin de pouvoir faire mes expériences dans mon Laboratoire même, où la grande *Etuve* qui eſt décrite dans mon *Eſſai* eût été trop embarraſſante.

d'Etuve

d'Etuve de M. L. R. eût été dépoſé depuis 20 ans à l'Académie, je n'aurois pu en avoir connoiſſance ; mais M. L. R. a eu ſous les yeux, depuis le commencement de 1763, la deſcription & le deſſin de ma grande *Etuve* ; & j'oſe croire que c'eſt une Machine un peu différente du *panier d'oſier & des couvertures* de M. L. R. (*a*). Mon *Etuve* ſert non-ſeulement à y éprouver l'effet de la chaleur ſur des Horloges Marines ; mais les précautions infinies que j'ai employées pour ſa conſtruction, la rendent ſuſceptible d'y faire les expériences les plus délicates ſur la chaleur, telles que celles qui m'ont ſervi à établir le rapport des dilatations des différens métaux, à régler les longueurs des différentes pieces qui forment les Pendules compoſées, à éprouver ces Pendules, &c. On peut voir dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, les différens uſages auxquels j'ai employé mon *Etuve*.

Je ſuis bien loin de regarder comme un mérite de m'être ſervi le premier d'une Etuve pour connoître l'effet de la chaleur ſur des Horloges Marines, & je n'en aurois pas parlé ſi ce n'étoit pour faire connoître l'acharnement que M. L. R. met à tenter de me dépouiller, même dans les inventions qui doivent paroître les plus indifférentes. Je n'ai jamais fait mention dans aucun de mes Ouvrages des moyens que j'ai imaginés pour me procurer, même au fort de l'été, un *froid artificiel* à 5 degrés au-deſſus de la congélation, & même à un degré inférieur ; j'ai penſé que tout le monde pouvoit en imaginer de pareils ou d'équivalens, ſans aucun effort d'imagination : ſans doute, ſi j'en euſſe parlé, M. L. R. n'eut pas manqué d'en mettre d'autres en oppoſition, & de chercher à faire croire qu'il en avoit fait uſage long-temps avant que j'y ſongeaſſe.

Je pourrois faire encore bien des réclamations, bien des récriminations ; mais cet article eſt déja trop long pour le plus grand nombre des Lecteurs, & il l'eſt aſſez pour le petit nombre de ceux qui peuvent s'intéreſſer véritablement à ces ſortes de diſcuſſions.

CONCLUSION. J'ai prouvé que la Montre Marine actuelle de M. L. R. ne reſſemble en rien à celle qu'il préſentoit en 1754 ;

a Voyez la deſcription de ſon Etuve, page 28 du *Précis*.

j'ai prouvé que pluſieurs principes qu'il a employés dans ſa nouvelle Montre, & notamment tout ce qui concerne le choix & la diſpoſition du Régulateur, ſont conformes à ce que j'ai preſcrit dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, à ce que j'ai exécuté dans toutes mes Horloges, qui toutes ſont conformes à la Théorie établie dans mon *Eſſai*, & même aux diſpoſitions qui y ſont conſignées : or mon *Eſſai* a été public, *onze mois* avant que M. L. R. préſentât pour la premiere fois une Montre Marine ; *cinq ans* avant qu'il l'ait annoncée au Public ; *ſept ans* avant qu'il en ait donné la deſcription : donc je ſuis bien fondé à conclure que les choſes qui ſont communes à mes Horloges & à la Montre de M. L. R. & dont il n'étoit pas fait mention dans ſon Projet de 1754, ont été priſes de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* : donc je ſuis bien fondé à conclure que M. L. R. a pu me copier, & qu'il m'a copié.

ARTICLE TROISIEME.

Tableau des différentes Épreuves qui ont été faites en France pour la vérification des Machines propres à déterminer les Longitudes en Mer par la Meſure du Temps.

Epreuve de ma Montre Marine N°. 3, *ſur la Corvette* l'Hirondelle, *en* 1764.

LA premiere Epreuve d'Horloge Marine qui ait été faite en France, eſt celle de ma Montre Marine N°. 3. Dans le mois d'Octobre de l'année 1764, Sa Majeſté fit armer au Port de Breſt la Corvette l'*Hirondelle*, ſous le commandement de M. le Chevalier de Goimpy. Cet Officier, ainſi que M. Duhamel du Monceau, & M. l'Abbé Chappe d'Auteroche, Membres de l'Académie Royale des Sciences, furent chargés conjointement d'éprouver en mer ma Montre Marine N°. 3,

dont on trouve la deſcription dans mon *Traité des Horloges Marines*. Le Rapport qui contient le réſultat de cette Epreuve fut lu par M. l'Abbé Chappe à la rentrée publique de l'Académie des Sciences le 14 Novembre 1764, ſous le tire de *Mémoire ſur les Obſervations faites par ordre du Roi, pour l'examen de l'Horloge Marine de l'invention de M. Berthoud, Horloger de Paris, & Membre de la Société Royale de Londres.* Ce Mémoire m'a été remis en original par M. Chappe, frere de feu M. l'Abbé Chappe, tel qu'il a été trouvé dans les papiers de cet Aſtronome & corrigé de ſa propre main. Je l'ai fait imprimer en entier dans mon *Traité des Horloges Marines* (page 539 & ſuiv.) Quoique ce Rapport n'ait point été inſéré, comme il eût dû l'être, dans les Mémoires de l'Académie pour l'anné 1764, il doit cependant s'en trouver une copie au Secrétariat de l'Académie, puiſque le Mémoire a été lu dans une ſéance publique; il doit au moins en être fait mention ſur ſes Regiſtres.

Je vais extraire du Rapport de M. l'Abbé Chappe, les réſultats qui peuvent donner une idée de la marche de ma Montre Marine dans cette premiere Epreuve.

Réſultats de l'Épreuve.

» On voit par la Table des Obſervations que, le 7 Octobre, » l'Horloge Marine étoit en retard ſur le Midi moyen de Breſt, » de 13″: ſi elle avoit été parfaitement réglée ſur le moyen » mouvement, & ſi ſa marche avoit été uniforme, elle auroit » toujours retardé exactement de cette quantité, ou les diffé- » rences obſervées entre les Midis, auroient été les mêmes que » celles que donnent les calculs; mais les obſervations du 7 » au 9 font connoître que l'Horloge a avancé de 4″, 8, dans » deux jours, ou de 2″, 4 dans 24 heures: ce qui prouveroit » que l'Horloge n'étoit point parfaitement réglée ſur le moyen » mouvement. Si elle avoit d'ailleurs une marche uniforme; » dans ce cas, elle auroit avancé chaque jour de la même » quantité, ou de 2″, 4, tandis que, du 9 au 10, elle avança » de 5″, 5: ce qui indique une variation de 3″, 1, dont » elle a trop avancé.

» Depuis le 7 juſqu'au 10, l'Horloge avoit avancé; mais,

» depuis ce jour, elle retarda de 3″ dans 4 jours, ou de 45‴ » en 24 heures; du 14 au 15, de 18″, 1, dans 4 jours, ou » de 4″, 5 dans 24 heures; du 18 au 23, de 45″, 3 dans 5 » jours, ou de 9″, 1 dans 24 heures; & du 23 au 24, de » 10″, 5. Pour apprécier l'erreur de l'Horloge de M. Berthoud, » compriſe entre les termes les plus éloignés des obſervations, » le 7 & le 24 Octobre, je ſuppoſerai ſa marche telle qu'elle » a été déterminée avant qu'elle fut en mer : elle a d'abord » avancé de 3″, 1 dans 24 heures, du 10 au 14; dans la pre- » miere hypotheſe où elle avançoit de 3″, 1 par jour, elle » auroit donné le midi, le 24, à 11h 44′ 59″, 5, ſi ſa mar- » che avoit été conſtante. Il fut obſervé à 11h 43′ 0″, 2 : » d'où il réſulte une variation dans l'Horloge de 1′ 59″, 3 » dans 17 jours, ou de 7″ dans 24 heures : l'erreur n'auroit été » que de 1′ 43″, 4, en ſuppoſant qu'elle n'avançoit que de » 2″, 4 dans 24 heures, ainſi qu'il réſulte des obſervations du » 7 au 9.

» Dans la derniere hypotheſe, l'Horloge retardoit (*a*), de » 45‴ en 24 heures, du 10 au 14 : ainſi dans 17 jours, elle » auroit dû retarder de 12″, 8; & alors elle auroit dû mar- » quer le midi le 24, à 11h 43′ 54″, tandis qu'il a été » obſervé à 11h 43′ 0″; ce qui donne 54″ d'erreur dans 17 » jours, ou 3″, 1 dans 24 heures, en diſtribuant également l'er- » reur ſur les 17 jours.

» On voit par ces différens réſultats que l'Horloge de M. » Berthoud n'a pas à la vérité le degré de préciſion qui eſt à » déſirer pour la découverte de Longitudes; mais il lui ſera » d'autant plus facile de remédier à ces écarts, qu'il paroît qu'ils » ſont indépendans du mouvement du vaiſſeau, mais qu'ils » dépendent d'une partie de frottement à laquelle il a prévu » dans ſa nouvelle Horloge Marine, dont l'exécution exigeoit » préalablement qu'il eût fait quelques expériences en mer qui » puſſent le mettre à même de connoître les parties de ſa

(*a*) Il y a une faute d'impreſſion à la page 544 du *Traité des Horloges Marines*, ligne 6 par en bas: on lit la Pendule *avançoit* : liſez, *retardoit*.

» Montre qui demandoient d'être perfectionnées, & les obſtacles » qu'il avoit à craindre des mouvemens du vaiſſeau, ſur leſquels » il n'avoit jamais été à portée de faire aucune expérience.

» M. Berthoud étant certain, par cette premiere épreuve, » de la cauſe qui a produit ces écarts, on a tout lieu d'eſpérer » qu'une ſeconde épreuve ne laiſſera rien à déſirer ſur la per- » fection des Machines de cet habile Artiſte, qui mérite, à » tous égards, les plus grands encouragemens du Gouverne- » ment & du Public ».

Je ne prétends point rapporter cette Epreuve comme une épreuve bien rigoureuſe ; la Corvette n'avoit tenu la mer que pendant *quatre jours* en deux ſorties ; mais on a fait des Epreuves poſtérieures à celle-ci pendant leſquelles les Montres qu'on éprouvoit n'ont été expoſées aux effets de la mer que pendant quelques heures : les expériences qu'on peut faire *à terre* ne prouvent rien pour des Horloges Marines. Mon objet, en rapportant le réſultat de cette Epreuve a été ſeulement de prouver que la premiere Epreuve de Montre Marine qui ait été faite en France, eſt celle de ma Montre N°. 3.

J'avois conſtruit ma Montre Marine dans la vue de réduire, autant qu'il étoit poſſible, le volume des Horloges qu'on deſtine pour l'uſage des Navigateurs ; mais cette conſidération bien peſée m'ayant paru ne pas mériter qu'on y eût beaucoup d'égards, je me déterminai à conſtruire des Horloges à *Poids*, comme je l'avois annoncé dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, ce moteur étant préférable à tout Reſſort, tant par l'égalité qui doit en réſulter pour la force motrice, que par la ſolidité & la ſûreté de la Machine. Cependant, pour ſatisfaire à l'empreſſement de M. l'Abbé Chappe qui déſiroit d'emporter ma Montre Marine N°. 3, dans le voyage qu'il alloit faire en *Californie*, pour y obſerver le paſſage de Vénus, je me déterminai à faire à cette Machine les corrections qui m'avoient été indiquées par l'Epreuve de 1764. Voyez dans mon *Traité des Horloges Marines* (page 545) le *récépiſſé* que m'en fit M. l'Abbé Chappe, le 16 Septembre 1768.

Cette Montre eſt livrée en 1768

Pour mettre le Lecteur à portée de juger du ſuccès des

à M. l'Abbé Chappe, pour en faire uſage dans ſon voyage en Californie.

corrections que j'avois faites à ma Montre, & de l'utilité dont cette Machine a été pour M. l'Abbé Chappe, dans ſon *Voyage* en *Californie*, je vais tranſcrire ce qui en eſt rapporté dans le Journal de cet Aſtronome (*a*) page 102 & ſuiv.

Son erreur ſur la Longitude après une traverſée fort orageuſe de 75 jours, n'eſt pas de dix lieues, en mettant tout au pis.

» M. l'Abbé Chappe (eſt-il dit) avoit emporté avec lui une » Montre Marine, qui, du Havre à Cadix, & dans le reſte » du voyage *avoit toujours annoncé la terre avec la plus grande* » *exactitude*. Le 7 Février 1769, M. Chappe ſe trouvant pro- » che de la pointe de l'Iſle de la Dominique, la Montre donna » la Longitude de 315 d 32'. Or la Carte de Sople, publiée » par M. Buache en 1740, la donne de 315d 47'. Suivant » M. Bellin, dans ſa Carte de 1766, cette Longitude n'eſt » que 315 d 2'.

» On voit donc, qu'admettant comme la meilleure la Lon- » gitude de la Carte qui differe le plus de celle de la Montre » Marine, *l'erreur de cette Montre n'étoit que d'environ* 10 *lieues*, » (*après ſoixante quinze jours* d'une traverſée fort orageuſe, » comme on va le voir ci-après.)

Elle ſert à corriger une erreur de trois degrés dans les Cartes Marines.

» Trente ſept jours après, c'eſt-à-dire, le 14 Mars, M. » Chappe étant à Vera-Crux, détermina le midi vrai à la » Montre Marine à 6h 4' 59" ⅓. L'avance connue & détermi- » née de cette Montre ſur le temps moyen, devoit être ce » jour-là de 41" 18"', ce qui donne le temps moyen à Cadix, » au moment du midi vrai de Vera-Crux, de 6h 4' 18", 2; » d'où retranchant 9' 21" 18"' pour l'équation du temps, on » aura 5h 54' 46" 54"', pour l'heure vraie de Cadix; y ajou- » tant 34' 16", différence des Méridiens de Cadix & de Paris, » on aura 6h 29' 13" ou 97d 18m ¼, pour la différence de » Longitude entre Paris & Vera-Crux, qui ſe trouve plus » occidentale.

» La Carte dédiée & envoyée à l'Académie en 1768; » (par Don Joſeph-Antoine de Alzate y Ramirez) place Vera-

(*a*) Voyez le *Voyage en Californie* pour l'obſervation du paſſage de Vénus ſur le diſque du Soleil, le 3 Juin 1769, &c. par feu M. l'Abbé Chappe, &c. A Paris, chez Charles-Antoine Jombert. 1772.

» Crux par 101d 30m à l'Occident de Paris. Dans le Neptune » François, cette Longitude eſt de 100d 17m

» On voit donc que la moindre erreur des Cartes ſur la » Longitude de Vera-Crux eſt de 3 degrés.

» Quoique cette détermination de Longitude de Vera- » Crux par la Montre Marine ne ſoit pas auſſi exacte ou auſſi » exempte de doute que ſi elle avoit été déduite d'obſerva- » tions aſtronomiques nombreuſes & bien faites; néanmoins » on peut inférer que cette Longitude ne peut être que peu » différente de la véritable, & ſur-tout qu'elle eſt préférable » à celle que donnent les Cartes. En effet, depuis Cadix juſ- » qu'à la Dominique, *la traverſée a été de 75 jours & fort ora-* » *geuſe*; néanmoins on ne peut taxer la Montre que d'une » erreur tout au plus de 10 lieues (*a*) dans la Longitude de la » Dominique. Or de la Dominique à la *Vera-Crux*, il n'y » a eu que 37 jours d'intervalle; ce ſeroit donc mettre tout » au pis que de ſuppoſer une erreur de 15 lieues dans la Lon- » gitude de Vera-Crux, déterminée par la Montre Marine.

» D'ailleurs l'erreur des 3 degrés ſe trouvera bien-tôt con- » firmée, par rapport à un autre lieu peu éloigné de la Vera- » Crux, par des obſervations même Aſtronomiques ».

Ce lieu peu éloigné de Vera-Crux, eſt la Ville de Mexico; dont M. l'Abbé Chappe a déterminé la différence de Méridien à l'Occident de Paris, de 101d 25m par des obſervations d'Eclipſes des Satellites de Jupiter; (mais les obſervations correſpondantes n'ont pas pu être faites à Paris, elles ne ſont que calculées): de 99d 26m ¼ par l'Eclipſe de Lune du 12 Décembre 1769; de 102d 28m par l'obſervation du paſſage de Vénus, (en ſuppoſant, avec M. de la Lande, la parallaxe du Soleil de 8″ ½). Cette derniere détermination ſera certainement préférable à toute autre, ſi la parallaxe ſuppoſée eſt la véritable, comme on n'en peut guere douter maintenant, &

(*a*) On lit 100 lieues dans le *Voyage* (page 103); mais c'eſt évidemment une faute d'impreſſion, puiſqu'on a vu précédemment, d'après la comparaiſon de la longitude de la Montre à celle des Cartes; que l'erreur à l'atterrage ſur la Dominique, n'étoit tout au plus que de *dix* lieues.

ſi l'heure du contact a été bien déterminée. Dans la *Connoiſſance des Temps*, on a ſuppoſé juſqu'à préſent la Longitude de Mexico de 106^{d} Don J. de Alzate, place cette Ville dans ſa Carte, par 104 9′. On voit donc que la plus petite erreur ſur la Longitude de Mexico, celle de la Carte de D. J. de Alzate, étoit encore juſqu'à ce jour de 2^{d} 44′. (Voyez le *Voyage en Californie*, page 104 à 106, d'où ces derniers réſultats ont été extraits).

On peut conclure de ce que je viens de rapporter, qu'indépendamment de l'utilité continuelle dont ma Montre Marine N°. 3 a été à M. l'Abbé Chappe, pour régler ſa route dans les traverſées de Cadix à la Dominique, & de la Dominique à la Vera-Crux, elle a encore ſervi à faire reconnoître une erreur d'environ trois degrés ſur la Longitude d'une partie du continent de l'Amérique : erreur confirmée d'ailleurs par les obſervations aſtronomiques, que M. l'Abbé Chappe a faites à Mexico. On doit remarquer encore, que lorſque la Montre a déterminé la Longitude de Vera-Crux, telle qu'elle eſt confirmée par les obſervations faites à Mexico, il s'étoit écoulé depuis le départ de Cadix, où la Montre fut réglée, 102 jours de navigation, diviſés en deux traverſées, dont une de 75 jours avoit été fort orageuſe.

Epreuve des Montres Marines A *&* S *de M. L. R. ſur la Frégate l'*Aurore *en* 1767.

Les réſultats que je vais rapporter de cette Epreuve ſont extraits du *Journal du Voyage de M. le Marquis de Courtanvaux* (*a*).

L'Epreuve eſt diviſée en deux *périodes* : la premiere de 31 jours depuis le 24 Mai, époque des dernieres Obſervations, faites à la premiere vérification du *Havre*, juſqu'au 24 Juin, époque de la vérification faite à *Roterdam* : la ſeconde de 46 jours,

(*a*) Journal du *Voyage de M. le Marquis de Courtanvaux* ſur la Frégate l'Aurore, pour eſſayer, par ordre de l'Académie, pluſieurs Inſtruments relatifs à la Longitude, mis en ordre par M. *Pingré*, &c. A Paris, de l'Imprimerie Royale. 1768.

depuis

depuis le 15 Juillet à *Amſterdam*, juſqu'au 30 Août au *Havre*.

Dans la premiere période, M. L. R. n'avoit ſoumis que la Montre *A* (*a*) à l'examen de MM. les Commiſſaires, nommés par l'Académie des Sciences (M. M. Pingré & Meſſier) : il avoit réſervé la ſeconde, ou la Montre *S* (*b*) pour les expériences particulieres que lui-même ſe propoſoit de faire. Dans la deuxieme période, les deux Montres furent livrées à MM. les Commiſſaires ; & en leur remettant la Montre *S*, le 5 Juillet, M. L. R. déclara que s'il ne l'avoit pas plutôt remiſe, *c'eſt qu'il avoit plus de confiance en la premiere*, (*qui étoit la Montre A.*) (*c*).

Cherchons d'abord à évaluer la durée réelle de chaque période.

Dans la premiere, qui comprend 31 jours, la Montre *A*, la ſeule ſoumiſe à l'examen, fut embarquée le 25 Mai, & débarquée le 27 : rembarquée le 5 Juin, & débarquée le 7 : rembarquée le 19 Juin, & débarquée le 23. On peut vérifier les époques dans le *Journal* de M. le Marquis de Courtanvaux (*d*) ; c'eſt-à-dire, que des 31 jours compris dans la période, la Montre en a paſſé *huit* à bord : le reſte du temps, elle étoit établie à terre dans le lieu qu'on avoit choiſi pour en faire un Obſervatoire. Mais ces huit jours ſe réduiſent encore à quelques heures d'*épreuve en mer*, en déduiſant des 8 jours le temps que la Frégate a paſſé dans un Port. Pour s'en convaincre, il ſuffit de rapprocher les époques des départs & des arrivées, telles qu'on les trouve dans le *Journal* de M. le Marquis de Courtanvaux.

Durée de l'Épreuve en mer dans la premiere période, *ſoixante-cinq heures* en 3 repriſes.

				Heures paſſées à la mer.
(*e*) Départ du *Havre*.....	le 25 Mai,	à 7 h. $\frac{1}{4}$ du mat.	}	...26 $\frac{1}{4}$.
(*f*) Arrivée à *Calais*.....	le 26.....	à 11 h. du mat.	}	

(*a*) Il eſt dit page 78 du Journal de M. L. M. de C. que cette Montre fut cotée N°. 1 ; mais comme dans toutes les Epreuves poſtérieures a celle-ci, cette Montre a été déſignée par la lettre initiale *A*, du mot *Ancienne*, nous lui conſerverons ici la même dénomination.

(*b*) Cette Montre eſt déſignée par le mot de *Seconde* dans le Journal ; mais dans la ſuite elle a été connue ſous la dénomination de Montre *S*.

(*c*) *Ibid.* page 227.

(*d*) *Ibid.* pages 91, 93, 104, 133 ; 156 : 171.

(*e*) Ibid. page 91.

(*f*) *Ibid.* page 92.

Heures paſſées à la mer.

(c) Départ de *Calais* ..... le 6 Juin, à 7 h. du mat. } ....6 ½.
(d) Arrivée à *Dunkerque* .... le 6..... à 1 h. ½ du ſoir. }
(e) Départ de *Dunkerque*.... le 20..... à 3 h. ½ du mat. } ...32.
(f) Arrivée à *Roterdam*..... le 21..... à 11 h. ½ du mat. }

L'épreuve de la Montre *A*, *à la mer*, dans la premiere période de 31 jours, a donc duré *ſoixante-cinq heures*, en trois repriſes différentes.

Formons nous tout de ſuite une idée de la durée de la deuxieme période, avant que de paſſer à l'examen de la marche des Montres.

Durée de l'Épreuve en mer dans la ſeconde période, *quatre jours trois quarts*, en ſept repriſes.

La Montre *A* & la Montre *S* furent toutes deux ſoumiſes à l'examen, dans la deuxieme période : elles furent embarquées le 21 Juillet, & débarquées le 8 Août : rembarquées le 21 Août, & débarquées le 28 : (*) elles paſſerent donc *vingt-cinq jours à bord*. Mais voyons combien a duré l'*épreuve en mer*.

Jours & Heures paſſées à la mer.

Jours. Heur.

(g) Départ d'*Amſterdam* .... le 22 Juillet, à 10 h. du mat. } 0...4.
(h) Arrivée à *l'entrée du Texel*. le 22..... à 2 h. du ſoir. }
(i) Départ du *Texel*..... le 23..... à 11 h. ½ du mat. } 0...5 ½.
(k) Arrivée à *la Rade* ..... le 23..... à 5 h. du ſoir. }
(l) Départ de *la Rade* ..... le 24..... à 9 h. ½ du mat. } 0... 4 ½.
(m) Arrivée à *la grande Rade*. le 24..... à 2 h. du ſoir. }
(n) Départ de *la grande Rade*. le 25..... à 9 h. du mat. } 0... 2.
(o) Arrivée à *la petite Rade*.. le 25..... à 11 h. du mat. }
(p) Départ du *Texel* ..... le 3 Août, à 4 h. du ſoir. } 2 ...3.
(q) Arrivée à *Calais*..... le 5..... à 7 h. du ſoir. }
(r) Départ de *Calais*..... le 6..... à 11 h. du mat. } 0..23.
(s) Arrivée à *Boulogne*..... le 7..... à 10 h. du mat. }
(t) Départ de *Boulogne*..... le 27..... à midi & demi. } 0..23 ½.
(u) Arrivée au *Havre* ..... le 28..... à 11 h. du mat. }

(*) Voyez les pages 263, 288, & 295 309 du *Journal* de M. L. M. de C.

(c) *Ibid.* page 124.
(d) *Ibid.* page 125.
(e) *Ibid.* page 156.
(f) *Ibid.* page 159.
(g) *Ibid.* page 269.
(h) *Ibid.*
(i) *Ibid.* page 270.
(k) *Ibid.*
(l) *Ibid.*
(m) *Ibid.* page 271.
(n) *Ibid.*
(o) *Ibid.* page 271.
(p) *Ibid.* page 280.
(q) *Ibid.* page 286.
(r) *Ibid.*
(s) *Ibid.* page 287.
(t) *Ibid.* page 296.
(u) *Ibid.* page 309.

Digitized by Google

Le temps que la Frégate a passé sans être à l'ancre, dans la deuxieme période, a été de *quatre jours trois quarts*, en sept repriſes différentes, & en comptant encore toutes les promenades qu'elle a faites dans les rades du Texel.

On voit qu'en ajoutant bout à bout toutes les heures que la Frégate a passées *sous voiles* en dix repriſes différentes, dans le courant des deux périodes, la totalité de *l'épreuve en mer*, n'a pas duré *huit jours*.

Si M. L. R. vouloit objecter comme une opération nuiſible à la régularité de ſes Montres, les fréquents tranſports qu'on a faits de ces Machines, de la Frégate à terre, & de la terre à la Frégate, on lui oppoſeroit ce qu'il en a dit lui-même, & ce qu'il avoit déclaré avant l'Epreuve. « J'avois fait (dit-il (*a*)) » l'épreuve de ces Montres, dans des fiacres, dans des voitures » de la Cour, ſur le chemin de Verſailles, &c. *elles n'en avoient* » *ſouffert aucun dommage*. Le Journal de M. le Marquis de Cour- » tanvaux confirme cette vérité (*b*) : on les avoit tranſportées » (eſt-il dit) en divers lieux, ſoit par terre, ſoit ſur la riviere, » & *rien n'avoit paru interrompre leur Iſochroniſme* ».

Examen de la marche de la Montre *A* dans la premiere période.

Examinons à préſent quelle a été la régularité de ces Montres dans le cours des deux périodes, dont nous avons apprécié la durée réelle.

Le mouvement journalier de la premiere Montre (ou de la Montre *A*) la ſeule ſoumiſe à l'examen pendant la premiere période, avoit été établi, le 24 Mai, au *Havre* : elle accéléroit chaque jour ſur le moyen mouvement de 27 ſecondes, 18 tierces $\frac{1}{4}$ ou 27″, 31. « Nous pouvons partir avec aſſurance (dit l'Au- » teur du Journal) de cet état de la Montre conſtaté au *Havre* » par de très-bonnes obſervations (*c*) ».

En tenant compte de cette accélération journaliere, le 28 Mai à *Calais*, la Montre *A* donnoit pour différence de Méridiens entre ce Port & *le Havre* (*d*) 0h 6′ 41″ $\frac{1}{8}$. Cette différence

(*a*) Page 13 de l'*Expoſé ſuccinct*.
(*b*) Page 61 du *Journal* de M. L. M.
(*c*) Ibid. page 86.
(*d*) Ibid. page 98.

doit être (*a*) de $0^h\ 6'\ 59''$: donc, après 4 jours, *l'erreur de la Montre étoit* de *dix ſept ſecondes & demie* de temps, dont elle a trop accéléré.

Quelques heures de roulis ont produit une erreur de $17'' \frac{1}{2}$ de temps dans la Montre *A*.

Mais il faut remarquer que de ces quatre jours la Montre n'en avoit paſſé que deux à bord, & que la Frégate n'avoit tenu la mer que pendant *vingt-ſix heures*. On rejette l'erreur de 17 ſecondes $\frac{1}{2}$ ſur l'effet des roulis qui ont tourmenté le Bâtiment ; mais on doit convenir que la Montre eſt bien ſenſible à ces mouvemens : car nous voyons dans le Journal, (page 91), que, le 25 matin, les vents étoient au Nord-Nord-Oueſt, moyens frais, *belle mer*, toutes voiles dehors : ce ne fut que dans l'après-midi que la mer devint *houleuſe* ; & la Frégate étoit déja amarée dans le Port de Calais, le lendemain 26, à 11 heures du matin : les roulis n'ont donc pu agiter la Frégate & la Montre que pendant *quelques heures* ; & ce peu de temps a ſuffi pour produire une erreur dans la Montre de *dix-ſept ſecondes & demie* de temps. Nous allons en voir un ſecond exemple.

Les Obſervations qu'on fit à *Calais*, le 28 Mai & le 4 Juin ; avoient décidé à adopter une nouvelle accélération journaliere dans le mouvement de la Montre, de 27 ſecondes $\frac{1}{3}$; au lieu que celle qu'on avoit établie au Havre, (*page précédente*) n'étoit que de 27 ſecondes $\frac{1}{3}$ à peu près. La différence eſt peu conſidérable : ainſi il paroît que l'erreur de dix-ſept ſecondes $\frac{1}{2}$ en accélération, n'avoit été qu'accidentelle, & que la Montre, établie à terre, avoit repris à peu près ſon premier mouvement.

Nouvelle erreur de 22 ſec. $\frac{2}{3}$ de temps, produite par 6 heures de navigation.

On calcula d'après la nouvelle accélération journaliere de 27 ſecondes $\frac{1}{3}$ (*b*) ; & les obſervations qui furent faites le 7 Juin, à *Dunkerque*, prouverent qu'indépendamment de l'accélération journaliere, la Montre avoit eu une *erreur en accélération* de *vingt-deux ſecondes deux tiers* de temps. On ne pouvoit pas attribuer ici l'erreur de la Montre à la fatigue qu'avoit éprouvée la Frégate pendant *ſix heures & demie* de navigation : car on voit dans le Journal, (page 124 & 125), que le temps

(*a*) Longitude du Havre, (page 89 du Journal) $0^h\ 8'\ 56''$. Longitude de Calais (ibid. page 98) $0^h\ 1'\ 57''$: donc différence, le *Havre* à l'Occident, $0^h\ 6'\ 59''$.

(*b*) Page 134 du *Journal* de M. L. M. de C.

fut très-favorable. Mais M. L. R. prétendit qu'on devoit attribuer cette erreur aux *mouvemens inſolites que la Montre avoit éprouvés dans le tranſport qui s'en fit à bras, depuis le Port juſques à l'Intendance*, où la Montre fut dépoſée. Mais une Montre qui a la propriété de conſerver ſon iſochroniſme dans un fiacre, &c. peut-elle être dérangée par les mouvemens qu'elle éprouve étant portée à bras ſur une *civiere*, comme elle le fut en cette occaſion (*a*) ?

Il réſulte, comme on le voit, des obſervations faites à Dunkerque, qu'après la deuxieme ſortie, dans laquelle la Frégate avoit été ſous voiles pendant *ſix heures & demie*, la Montre *A* avoit une erreur en accélération de *vingt-deux ſecondes deux tiers*, en calculant même d'après ſon mouvement journalier, tel qu'il avoit été vérifié & établi de nouveau à Calais: car cette erreur ſeroit plus grande de 1 ſeconde $\frac{1}{3}$, & par conſéquent, de *vingt-quatre ſecondes*, ſi l'on eut calculé d'après le mouvement qui avoit été établi au Havre.

On établit de nouveau l'accélération journaliere de la Montre à Dunkerque, le 17 Juin, (par un milieu entre le réſultat des obſervations du 7 & celui du 17) de 30 ſecondes $\frac{1}{3}$ (*b*). Il faut remarquer que, depuis le 24 Mai, c'eſt le troiſieme mouvement journalier différent qu'on emploie pour apprécier la régularité de l'Horloge après chaque ſortie : le 24 Mai, 27″ $\frac{1}{3}$: le 4 Juin 27″ $\frac{1}{3}$: le 7 Juin 30″ $\frac{1}{3}$.

Troiſieme erreur de 17 ſec. $\frac{1}{3}$ produite par 32 heures de Navigation.

En calculant d'après le nouveau mouvement journalier qui avoit été fixé, le 17 Juin, on reconnoît, le 24, à *Roterdam*, que, depuis le 17, c'eſt-à-dire, après 7 jours, la Montre avoit eu une *nouvelle erreur* en accélération, de *dix-ſept ſecondes & demie* (*c*), qu'on rejette toujours ſur le compte des roulis. Dans l'intervalle des deux époques, la Montre avoit paſſé quatre jours ſur la Frégate, & on avoit tenu la mer pendant *trente-deux heures* : c'eſt à raiſon d'un peu plus d'une *demi-ſeconde* d'erreur par chaque *heure* de navigation.

Récapitulation des erreurs reconnues.

Si l'on récapitule les erreurs de la Montre *A*, reconnues aux

(*a*) Ibid. page 133 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*b*) Ibid. page 138.
(*c*) Ibid. page 173.

trois époques des vérifications de la premiere période, il réſultera, ſelon le calcul du *Journal*, que :

ines dans la premiere période, ſelon le calcul du Journal, 57″ ½ de temps pour 64 heures ½ de navigation.

26 heures de navigation ont produit 17 ſec. ½ d'erreur en accélér.
6 heures ½ ont produit 22 ½ id.
32 heures ont produit 17 ½ id.

C'eſt-à-dire, que *ſoixante-cinq heures & demie* de navigation ont produit en tout } 57 ſecondes ½ d'erreur.

La ſomme des erreurs de la Montre *A*, pour 65 heures ½ de Navigation, ſeroit de une minute 20 ſec. ½, de temps, ſi l'on n'eût pas rectifié deux fois le mouvement journalier.

Mais il faut remarquer qu'en calculant ces erreurs, on a employé, pour chaque intervalle, un mouvement journalier corrigé ſur les obſervations les plus prochaines : cependant la premiere époque, celle du 24 Mai, ne paroît pas aſſez éloignée du 24 Juin, pour que, dans cette intervalle, on ſoit autoriſé à corriger deux fois le mouvement, & qu'on ne calcule pas d'après celui qui avoit été établi le 24 Juin au Havre. Voyons les réſultats qu'on auroit eu, ſi l'on n'eût pas fait des vérifications intermédiaires du mouvement journalier, & qu'à chaque époque on eût calculé d'après l'accélération journaliere qui avoit été conſtatée au Havre.

La premiere erreur à *Calais*, ſeroit toujours de 17 ſecondes ½ : la ſeconde à *Dunkerque*, ſeroit, comme on l'a vu (*page précédente*), de 24 ſecondes : la troiſieme à *Roterdam*, ſeroit de 38 ſecondes ½ (au lieu de 17 ½, parce que dans l'intervalle du 17 au 24 Juin, on a calculé, pour 7 jours, ſur le pied de 30 ſecondes ½ d'accélération journaliere, tandis que celle du Havre n'étoit que de 27″ ½.) La *ſomme des trois erreurs* de la Montre *A*, dans la premiere période, ſera donc de *1 minute 20 ſecondes* ½ de temps, & c'eſt l'effet de *ſoixante-cinq heures & demie* de navigation en trois repriſes.

Si l'on vouloit dire que, du 24 Mai au 24 Juin, il s'eſt en effet écoulé 31 jours; & que l'erreur d'une minute 20 ſecondes eſt la ſomme des erreurs après 31 jours : je répondrai que les jours employés à terre aux vérifications ne doivent pas être comptés comme faiſant partie de la période; qu'on a vu que le mouvement de la Montre avoit été aſſez uniforme tout le temps qu'elle étoit à terre, & que les erreurs ont toujours été l'effet

de quelques heures de navigation. Le calcul le plus favorable qu'on puiſſe ſe permettre, c'eſt de regarder comme *épreuve en mer*, tout le temps que la Montre a paſſé ſur la Frégate ; ce qui ſe borne à *huit jours* (ci-devant page 91), il en réſulte qu'après huit jours d'épreuve la ſomme des erreurs de la Montre étoit de 1 minute, 20 ſecondes : c'eſt à raiſon de *dix ſecondes* par jour, en diſtribuant également l'erreur ſur chacun des huit jours : or, on ſait que l'écart d'une Horloge Marine ne doit pas excéder *deux ſecondes, ſix ſeptiemes* par jour, pour qu'elle donne la longitude, après ſix ſemaines, à la préciſion d'un *demi-degré* : l'erreur journaliere de la Montre *A* a donc été preſque *quadruple* de celle que comporte la préciſion du demi-degré. Le calcul que nous faiſons ici eſt encore le plus favorable que l'on puiſſe faire : car dans le fait, la Frégate n'a tenu la mer, en tout, que pendant 65 heures $\frac{1}{2}$, & pendant ce peu de temps même, elle n'a pas toujours été agitée par les roulis, puiſqu'on voit par le Journal, que le plus ſouvent le vent a été très-favorable : la Frégate n'a jamais été à la cape ; dans 8 jours que les Montres ont paſſé à bord, en trois repriſes, le Bâtiment n'a jamais éprouvé un ſeul moment de ce que les Marins appellent *du gros temps*.

Remarques ſur la cauſe à laquelle M. L. R. veut qu'on attribue les écarts de la Montre *A* dans la premiere période.

Il faut remarquer que la Montre qui avoit été ſoumiſe à l'examen, dans la premiere période (la Montre *A*) eſt celle dont M. L. R. avoit la meilleure opinion, ainſi qu'il l'a déclaré (ci-devant pag. 89). Cependant il nous dit dans ſon *Expoſé ſuccinct* (p. 18), que lorſqu'il livra ſa ſeconde Montre, (la Montre *S*) à MM. les Commiſſaires, il *déclara qu'elle n'avoit point eu les accélérations ſucceſſives de la premiere :* perſonne aſſurément n'héſitera de le croire ſur la parole de M. L. R. ; mais il ſemble que cette déclaration auroit eu encore plus de force, ſi elle eut été faite par MM. les Commiſſaires mêmes, au lieu d'être faite par M. L. R. à MM. les Commiſſaires. M. L. R. veut qu'on attribue les écarts de la Montre *A* dans la premiere période, à un accident qui étoit arrivé à cette Machine, dans le tranſport de Paris au Havre : le fil de clavecin qui tient le Balancier ſuſpendu s'étoit caſſé ſur la route ; M. L. R. y en avoit ſubſtitué un nouveau le ſoir même, & la Montre avoit continué de *marcher* dans la voiture. En par-

lant des erreurs en accélération, qu'on a reconnues dans cette Montre, M. L. R. dit (page 17 de *l'Exposé succinct*) *qu'il ne douta point que le nouveau fil remis dans l'Auberge, sans les soins requis, ne se fût tant soit peu redressé par les secousses réitérées, & peut-être par les nouveaux degrés de chaleur que la Machine avoit reçus : qu'il le déclara, ajoutant pour preuve de ce qu'il avançoit, que ce fil cesseroit bien-tôt de s'étendre en se redressant, & qu'alors l'accélération finiroit ; ce qui en effet ne tarda pas à arriver.* Ce n'est pas ici le lieu d'examiner le succès de la prédiction ; les faits que je rapporterai ci-après ne paroissent pas d'accord avec le sentiment de M. L. R. Mais il se présente plusieurs remarques à faire sur la cause à laquelle on veut attribuer les écarts en accélération de la Montre *A*, pendant la premiere période. 1°. Est-il bien sûr que l'allongement du fil doive produire une *accélération?* Il paroît au contraire, en examinant l'effet des Ressorts, de la nature desquels le fil participe en quelque maniere, qu'un allongement doit produire un *retard*, soit que le fil se soit allongé par la dilatation de ses parties, ou que seulement il se soit redressé. 2°. Il paroît que ce fil, qui avoit été remis le jour même de l'accident, & avec lequel la Montre avoit *marché* dans la voiture, auroit dû faire tout son effet sur la route, *dans un tombereau allant la poste sur des pointes de rochers*, (c'est l'expression de M. L. R. dans son *Exposé succinct*, page 13) : on conçoit qu'en effet de pareilles secousses pourroient peut-être occasionner un allongement ou un redressement dans le fil ; mais quel effet pouvoient produire sur une Machine, portée par une suspension de *Cardan*, des mouvemens lents & sans soubresauts, tels que ceux du roulis, tels que ceux que la Montre a pu éprouver quand on la porta à bras *sur une civiere*, depuis l'endroit du Port de Dunkerque où l'on débarqua, jusques à l'Intendance, où elle fut déposée (*a*) ? 3°. Si les mouvemens de roulis avoient pu occasionner un allongement dans le fil, & que l'accélération dût être attribuée à l'allongement, cette accélération auroit continué quand la Montre étoit à terre ; nous avons vu cependant (*b*) que le 28 Mai, à Calais, l'accélération journaliere de

(*a*) Voyez ci-devant, *page 93*.
(*b*) Ci-devant, *page 92*,

la

la Montre ſur le moyen mouvement, étoit à un tiers de ſeconde près la même que le 24 Mai au Havre : cependant, dans l'intervalle du 24 au 28, la Montre avoit eu un écart de 17 ſecondes $\frac{1}{2}$ en accélération : on voit même que pendant 14 jours, du 24 Mai au 7 Juin, l'accélération journaliere a peu varié ; elle a été conſtamment de 27″, 27″ $\frac{1}{3}$, 27″ $\frac{1}{3}$. Il paroît donc qu'on ne peut attribuer les écarts de la Montre à l'accident arrivé ſur la route du Havre, puiſque, étant à terre, elle a conſervé un mouvement uniforme pendant 14 jours : on doit conclure que les écarts qui ont eu lieu dans les intervalles de ces 14 jours, l'un de 17 ſec. $\frac{1}{2}$, l'autre de 22 ſecondes $\frac{1}{3}$ en accélération, ne doivent être attribués qu'à l'effet de quelques heures de roulis. Mais une Montre Marine ne doit-elle pas être diſpoſée & conſtruite, de maniere que les mouvemens du vaiſſeau n'alterent pas ſa régularité ? Et une Montre ſur-tout qui a la propriété de conſerver ſon iſochroniſme dans un fiacre, malgré les ſecouſſes irrégulieres & la rudeſſe des cahotemens, doit-elle être dérangée par un mouvement doux & uniforme, tel que celui du roulis ?

Examen de la marche de la Montre *A* dans l'intervalle des deux périodes.

Avant que d'examiner la marche de la Montre *A* dans le cours de la deuxieme période, nous ne devons pas négliger de nous arrêter un moment au réſultat des obſervations qui ont été faites dans l'intervalle des deux périodes, je veux dire, du 24 Juin à Roterdam, au 15 Juillet à Amſterdam.

Les obſervations faites à Roterdam, le 24 & le 28 Juin, avoient fait connoître que, dans cet intervalle, l'accélération journaliere de la Montre *A* avoit été de 32 ſecondes $\frac{1}{6}$ (*a*). On a vu (*b*) que le 17, à Dunkerque, cette accélération n'étoit que de 30 ſecondes $\frac{1}{3}$; c'eſt-à-dire que, du 17 au 24, en *ſept jours*, l'accélération avoit augmenté de 2 *ſecondes* $\frac{1}{2}$.

Erreur en accélération dans la Montre *A*, de 57″ $\frac{1}{2}$ de temps, occaſionnée par un

En calculant d'après la nouvelle accélération journaliere de 32 ſec. $\frac{1}{6}$, établie le 28 Juin à Roterdam, on trouva, le 15 Juillet à Amſterdam, qu'après 17 jours la Montre *A* avoit une

(*a*) Page 184 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*b*) Ci-devant, *page* 93.

jour de navigation, & deux nuits de roulis à l'ancre.

erreur en accélération de 57 ſecondes $\frac{1}{6}$ (a) : on dit qu'*il faut les mettre ſur le compte des roulis de la mer & du Texel.*

On ne s'eſt plaint des roulis que dans la nuit du 8 au 9 Juillet, & du 9 au 10. *Cette nuit*, eſt-il dit, en parlant de la premiere (*b*), *ne fut pas tranquille :* une lame courte & fatigante occaſionnoit *un roulis & un tangage fort déſagréables:* à quelques lignes plus loin, on lit que, du 9 au 10, la Frégate, quoique très-agitée, *l'étoit moins que la nuit précédente.* Il n'eſt pas queſtion de *Roulis* dans la traverſée de la Brille à Amſterdam : il eſt dit ſeulement (*c*), que *la Frégate étoit extrêmement à la bande, & que l'inclinaiſon étoit de 25 degrés.* On conçoit que le Roulis peut altérer la régularité d'une Montre ; mais que fait *l'inclinaiſon* continue du vaiſſeau, quelque grande qu'elle puiſſe être, puiſque la Montre eſt portée ſur une ſuſpenſion qui lui permet d'affecter toujours une ſituation verticale ? On peut remarquer que la Frégate étoit partie de la Brille le 10 Juillet à 11 heures $\frac{1}{2}$ du matin (*d*), & avoit mouillé dans le Port d'Amſterdam, le 11 à 11 heures $\frac{1}{4}$ du matin : elle avoit donc paſſé un jour entier à la mer. Je ne compte pas deux fauſſes ſorties, dans chacune deſquelles le bâtiment avoit été deux ou trois heures ſous voiles : il réſulte donc qu'*un jour de navigation*, & *deux nuits de roulis à l'ancre*, ont produit 57 *ſecondes $\frac{1}{6}$ d'erreur* en accélération dans la Montre *A*.

M. L. R. n'a pas fait mention de cette erreur dans ſon *Expoſé ſuccinct.*

Il paroît que M. L. R. n'a pas regardé cette erreur comme conſidérable : « pour faire voir (dit-il page 19 de *l'Expoſé ſuccinct*) combien ces ſortes de Montres *ſont peu ſuſceptibles d'être » dérangées par les mouvemens même les plus outrés* du vaiſſeau, je » rapporterai un Précis de notre navigation juſqu'à ce jour ». On vient de voir l'Extrait du Journal de M. L. M. de Courtanvaux, qui prouve qu'en effet on a éprouvé pendant deux nuits des roulis conſidérables. Le danger qu'a couru la Frégate en chaſſant ſur ſes ancres, la violence du vent, &c. tout ce que

(*a*) Page 260 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*b*) *Ibid.* pages 232 & 233.
(*c*) Page 235 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*d*) *Ibid.* page 234.

M. L. R. nous peint avec beaucoup d'énergie, n'avoit rien de commun avec les montres Marines : il ne s'agit pour elles que du roulis. M. L. R. conclut, comme il ſuit (*a*) : « aſſurément » cette navigation (d'un jour entier) n'a pas été tranquille, » ſur-tout dans un petit Bâtiment, trop chargé dans la partie ſupérieure » (on a vu qu'en effet la Frégate plioit beaucoup ſous la voile ; mais, comme on l'a dit, que fait cette inclinaiſon) ? « Cependant (continue-t-il) on voit par l'extrait des » Procès-verbaux, que, depuis le 5 Juillet juſqu'au 15 de ce » mois, *la plus grande différence dans le moyen mouvement des deux* » *Montres* (*b*) n'a été que d'une ſeconde $\frac{1}{3}$ en 24 heures ». Que pourroit prouver cette égalité de mouvement ? Que les agitations du Vaiſſeau ont également affecté les deux Montres : ce n'eſt pas ſans doute ce que M. L. R. vouloit prouver ; mais ce qu'il dit n'empêche pas que la Montre *A* n'ait eu une erreur de 57 ſecondes $\frac{5}{6}$ en accélération : & puiſque le moyen mouvement des deux montres a été uniforme, nous ſommes bien fondés à conclure qu'on auroit reconnu une erreur auſſi conſidérable dans la ſeconde Montre, ſi des obſervations antérieures, ayant conſtaté ſon mouvement journalier, euſſent fourni un moyen de vérification. Mais M. L. R. a cru qu'il pouvoit ſe diſpenſer de faire mention de *l'erreur de 57 ſecondes* $\frac{5}{6}$ qui équivalent à près d'un *quart de degré* : il ſe contente de citer comme une preuve de la régularité de ſes Montres, l'uniformité qu'on a obſervée dans le mouvement moyen des deux Montres comparées entr'elles.

Examen de la marche des Montres *A* & *S* dans le cours de la deuxieme période.

Paſſons à la deuxieme période de l'Epreuve, pendant laquelle les deux Montres ont été ſoumiſes à l'examen. On n'a point compris dans les périodes les jours écoulés entre le 24 Juin & le 15 Juillet. Le 5 Juillet, M. L. R. avoit remis entre les mains de MM. les Commiſſaires, la ſeconde Montre ou la Montre *S*.

Cette ſeconde période commence au 20 Juillet, jour auquel

(*a*) Page 20 de l'*Expoſé ſuccinct.*

(*b*) Depuis le 5 Juillet, M. L. R. avoit livré la ſeconde Montre à MM. les Commiſſaires ; mais on n'avoit point encore conſtaté ſon mouvement journalier.

on fit à Amſterdam les dernieres obſervations, qui ſervirent à établir, au commencement de la période, le mouvement journalier de chaque Montre. Les obſervations avoient commencé le 15; & en comparant les réſultats du 15 à ceux du 20, on conclut qu'alors la Montre *A* accéléroit par jour ſur le moyen mouvement du Soleil, de 37 ſecondes $\frac{1}{8}$. Laccélération journaliere de la Montre *S* étoit de 41 ſecondes $\frac{5}{6}$ (*a*).

La Montre *A* a continué d'accélérer.

On a vu (*b*) que l'accélération journaliere de la Montre *A* étoit le 28 Juin, à Roterdam, de 32 ſecondes $\frac{5}{6}$: ainſi, du 28 Juin au 15 Juillet, en 17 jours, elle avoit augmenté d'un peu plus de 4 ſecondes $\frac{1}{3}$.

En remontant à une époque plus éloignée, on voit que, le 4 Juin, à Calais, l'accélération journaliere de cette Montre n'étoit encore que de 27 ſecondes $\frac{2}{3}$; le 15 Juillet, elle eſt de 37 ſecondes $\frac{1}{8}$: donc, en ſix ſemaines, elle a augmenté de près de 9 ſecondes $\frac{1}{2}$.

On partit d'Amſterdam le 22 Juillet à 10 heures du matin; & après pluſieurs relâches, on laiſſa tomber l'ancre à Boulogne; le 7 Août à 10 heures du matin. Cette navigation avoit été de 3 *jours* 18 *heures*, en ſix repriſes. (*c*) Il n'eſt fait mention dans le Journal d'aucun accident ni d'aucun Roulis.

Erreur de la Montre *A*, après 20 jours, 32 ſec. $\frac{1}{2}$ d'accélération.

Le réſultat des obſervations qu'on fit à Boulogne, le 9 Août, fut que, du 20 Juillet au 9 Août, en 20 jours, la Montre *A* avoit eu une *erreur en accélération de 32 ſecondes* $\frac{1}{2}$ (*d*) qui équivalent à un peu plus d'un huitieme de degré.

Ce qu'eût été l'erreur dans une période de ſix ſemaines.

Si l'on vouloit remonter à une époque plus éloignée que celle du 20 Juillet, & comprendre, par exemple, dans la période, les 22 jours écoulés entre le 28 Juin & le 20 Juillet; on auroit une période de 42 jours ou de *ſix ſemaines*. Nous avons vu par la vérification faite à Amſterdam, le 15 Juillet, que, dans l'intervalle du 28 Juin au 20 Juillet, la Montre *A* avoit eu une erreur en accélération de 57 ſecondes $\frac{1}{6}$ (*e*); ſi l'on y ajoute

(*a*) Page 263 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*b*) Ci-devant, *page* 97.
(*c*) Voyez ci-devant, *page* 90.
(*d*) Page 289 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*e*) Ci-devant, *page* 58.

l'erreur de 32 ſecondes $\frac{1}{2}$, dans le même ſens, qui a eu lieu dans l'intervalle du 20 Juillet au 9 Août ; on aura pour *l'erreur totale* de la Montre *A*, après une période de ſix ſemaines, 1 minute 30 ſecondes $\frac{1}{2}$, qui équivalent à plus d'un tiers de degré. Mais cette maniere d'apprécier la régularité de la Montre eſt trop favorable ; car, du 20 Juillet au 9 Août, nous employons le mouvement journalier, tel qu'il a été rectifié le 20 Juillet à Amſterdam, c'eſt-à-dire, 37 ſec. $\frac{1}{8}$ d'accélération par jour; au lieu que ſi nous avions employé, pour les ſix ſemaines, le mouvement établi le 28 Juin à Roterdam, c'eſt-à-dire 32 ſec. $\frac{1}{6}$ d'accélération par jour; l'erreur de la Montre auroit augmenté de vingt fois la différence de $32\frac{1}{6}$ à $37\frac{1}{8}$; c'eſt-à-dire, de $85''\frac{8}{10}$, ou de 1 minute, 25 ſecondes $\frac{4}{5}$: l'erreur eut donc été de 2 minutes 56 ſecondes $\frac{3}{10}$ qui équivalent à peu près à *trois quarts de dégré :* & c'eſt l'erreur qu'auroit eue un Vaiſſeau qui, étant parti d'Amſterdam le 28 Juillet, ſeroit venu après ſix ſemaines attérir ſur Boulogne, ſans avoir fait aucune vérification intermédiaire du mouvement de la Montre.

Les obſervations faites à Boulogne annoncerent que, du 20 Juillet au 9 Août, la Montre *S* avoit été fort réguliere. Son erreur, le 9 Août, n'étoit que de 3 ſecondes de temps (*a*).

La Montre *S* a été tres reguliere du 20 Juillet au 9 Août.

On conſtata de nouveau dans cette ville le mouvement journalier de chaque Montre : le 10, la Montre *A* accéléroit en 24 heures de 38 ſecondes $\frac{1}{4}$, la Montre *S* de 41 ſec. $\frac{1}{4}$. Le 11, l'accélération de la Montre *A* avoit été de 36 ſec. $\frac{3}{4}$, & celle de la Montre *S* de 41 ſecondes $\frac{1}{6}$. Le 12, la Montre *A* avoit accéléré de 34 ſecondes $\frac{7}{8}$, & la Montre *S* de 41 ſec. $\frac{1}{8}$. Le 14, l'accélération de la Montre *A* étoit de 36 ſec. $\frac{1}{2}$, (*) & celle de la Montre *S* de 43 ſecondes (*b*).

Marche des Montres à Boulogne.

Le 27 Août, on partit de Boulogne à midi & demi, & l'on fut rendu le lendemain, à 11 heures du matin, au Havre.

Selon les obſervations qui furent faites le 29 Août, & en comptant depuis le 20 Juillet à Amſterdam, l'erreur de la Mon-

Réſultat des dernieres obſervations faites au Havre.

(*a*) Page 290 du Journal de M. L. M. de C.

(*) Par une autre comparaiſon qu'on fit le ſoir, on la trouva de 34 ſec. $\frac{1}{4}$. Page 292 du *Journal*.

(*b*) Pages 290, 291 & 292 *ibid.*

tre *A*, après 40 jours, étoit de 51 ſecondes : en ne comptant que depuis le 11 Août à Boulogne, l'erreur étoit, après 18 jours, de 17 ſecondes $\frac{1}{4}$. L'erreur de la Montre *S*, depuis Amſterdam, étoit de 15 ſecondes $\frac{1}{2}$, après 40 jours ; & depuis Boulogne, de 19 ſecondes, après 18 jours. Toutes ces erreurs ſont en accélération (*a*).

Du 29 au 30, la Montre *A* accéléra ſur le moyen mouvement de 42 ſec. $\frac{1}{2}$, & la Montre *S* de 43 ſecondes $\frac{1}{12}$ (*b*).

Remarques ſur la deuxiane période.

On a vu que, dans les 40 jours compris dans la deuxieme période, la Frégate n'a tenu la mer que pendant 4 jours $\frac{3}{4}$, en ſept repriſes différentes : on ne s'eſt jamais plaint d'aucun Roulis : la navigation a été telle qu'on doit l'attrendre dans le mois d'Août ſur les côtes d'Europe. Auſſi voit-on que la Montre *A*, la ſeule qui eut été examinée dans la premiere période, a été beaucoup plus réguliere dans la ſeconde. « Son mouvement, » (pendant cette ſeconde période) (eſt-il dit dans le *Journal* » (*c*)) paroîtavoir été aſſez uniforme, les inégalités certaines » qu'on a pu y remarquer, n'ayant guere écarté la Montre de » ſon mouvement moyen que d'une ſeconde ou d'une ſeconde & » demie, ſoit dans un ſens, ſoit dans l'autre : il en faut cepen- » dant excepter les vingt-quatre heures, depuis le 29 Août à » midi, juſques au 30 à pareille heure, *l'accélération de la* » *Montre étant montée ce jour-là à cinq ſecondes & demie au-* » *delà de ſon moyen mouvement.* » Qu'il me ſoit permis de faire ici une remarque : on n'a fait qu'une ſeule vérification du mouvement, au Havre, & on a trouvé l'accélération journaliere montée à 42 ſec. $\frac{1}{2}$: on n'a aucune raiſon pour douter que ce ne fût en effet le mouvement actuel de la Montre : or cette accélération n'étoit que de 36 ſecondes & demie le 14 Août, à Boulogne, (*d*) : il en réſulte donc qu'en 15 jours elle a augmenté de 4 ſecondes. Ainſi il paroît que la prédiction de M. L. R. ne s'eſt pas accomplie : il avoit annoncé (*e*) que cette accélération auroit un terme, mais elle n'en a eu d'autre que la fin de l'Epreuve. On

L'accélération de la Montre *A*, n'a pas diminué, quoique M. L. R. l'eut annoncé.

(*a*) Page 309, 310 & 311. du *Journal*.
(*b*) Page 312. *ibid.*
(*c*) Page 314. *ibid.*
(*d*) Ci-devant, *page* précédente.
(*e*) Ibid. *page* 96.

peut s'en assurer en résumant les accélérations journalieres, telles qu'elles ont été constatées aux différentes vérifications. Le 24 Mai, au Havre, l'accélération étoit de 27″ $\frac{1}{3}$: le 4 Juin, à Calais, de 27″ $\frac{1}{3}$: le 17 Juin, à Dunkerque, de 30″ $\frac{1}{3}$: le 28 Juin, à Roterdam, de 32″ $\frac{1}{6}$: le 20 Juillet, à Amsterdam, de 37″ $\frac{1}{2}$: le 14 Août, à Boulogne, de 36″ $\frac{1}{2}$: le 30 Août, au Havre, de 42 sec. $\frac{1}{2}$. On voit par ce tableau, que c'est dans les premiers temps de l'Epreuve que l'accroissement d'accélération a été le moins grand ; que l'intervalle du 20 Juillet au 14 Août, est le seul temps où le mouvement ait éprouvé peu de variation ; & que le plus grand accroissement, proportionnellement au nombre des jours écoulés, a eu lieu du 14 au 29 Août.

De ce qu'on doit penser de la régularité de la Montre *S*.

La seconde Montre, la Montre *S*, dont M. L. R. n'avoit pas aussi bonne opinion que de la premiere, a cependant été beaucoup plus réguliere. Mais ne doit-il pas paroître extraordinaire que *deux Montres* que M. L. R. a déclaré être *exactement semblables quant aux principes & à la disposition de leurs parties* (*a*), ayent eu un succès si différent ? N'a-t-on rien à craindre ici de l'effet du hasard ? Et que doit-on penser de l'invariabilité des principes sur lesquels l'Auteur prétend avoir construit ces deux Machines ?

Conclusion de l'Épreuve.

Je ne puis mieux terminer le Précis de cette Epreuve, qu'en rapportant la sage conclusion de M. le Marquis de Courtanvaux (*b*) : *le temps de cette épreuve*, « (dit-il, en parlant de la Mon» tre *S* & de la deuxieme période), *n'a peut-être pas été assez long* » *pour nous autoriser à prononcer définitivement sur la précision de* » *cette Montre* ».

Que peut-on en effet conclure de l'Epreuve entiere pour l'une & pour l'autre Montre ? La Frégate n'a tenu la mer que pendant *sept jours* $\frac{1}{2}$ en dix reprises différentes ; c'est-à-dire, en mettant bout à bout tous les momens qu'elle a passés sous voiles dans le cours des deux périodes ensemble : plusieurs des reprises même n'ont été que de quelques heures ; la plus longue a été de

(*a*) Voyez sa déclaration, page 78 du *Journal* de M. L. M. de C.
(*b*) Page 316 du même *Journal*.

deux jours : cette Epreuve d'ailleurs a été faite dans la plus belle saiſon de l'année ; & nous avons vu cependant que quelques heures de roulis ont ſuffi pour occaſionner des écarts conſidérables dans la Montre *A*, la ſeule qu'on ait vérifiée dans ces occaſions : on ignore ce que ces mêmes Roulis auroient produit ſur la Montre *S*, qui eſt parfaitement ſemblable à la premiere : on ignore auſſi ce qu'auroient produit ſur l'une & ſur l'autre les variations de la température de l'air, qu'on peut regarder comme une des ſources d'erreurs les plus difficiles à corriger dans les Montres Marines : on lit dans le Précis du Voyage de M. le Marquis de Courtanvaux, (*a*) que, pendant toute l'Epreuve, *les variations du Thermometre ont été aſſez peu conſidérables.* Il eſt vrai que M. L. R. nous dit (dans ſon *Expoſé ſuccinct*, page 29) que *de ſon propre mouvement*, il *avoit propoſé à M. de Courtanvaux d'éprouver une de ſes Montres, au 86e degré de chaleur, & même au centieme ;* mais cette épreuve n'a pas été faite, & l'offre de M. L. R. paroîtra-t-elle ſuffiſante pour tenir lieu d'une expérience ?

Nota Bene. C'eſt après la premiere Epreuve de ces Montres, que M. L. R. diſoit : (*b*) *il eſt un terme à tout ; depuis dix-huit mois que ma troiſieme Montre eſt finie, j'ai cherché ſi elle ne ſeroit pas ſuſceptible de quelque changemens avantageux : inutile tentative ! La théorie & les faits me perſuadent qu'il ne reſte plus qu'à bien exécuter ces Machines, &c.*

Epreuve des Montres Marines A *&* S *de M. L. R. ſur la Frégate l'*Enjouée, *en* 1768.

La ſeconde Epreuve des Montres Marines de M. L. R. fut faite en 1768, ſur la Frégate l'*Enjouée*, commandée par M. de Tronjoly, Capitaine des Vaiſſeaux du Roi. L'examen de ces Montres avoit été confié par l'Académie des Sciences à M. Caſſini fils : & c'eſt du *Voyage* de cet Aſtronome (*c*) que

(*a*) Lu à l'Aſſemblée publique de l'Académie des Sciences, le 14 Novembre 1767, & imprimé en 1768 à l'Imprimerie Royale.

(*b*) Page 10 de l'*Expoſé ſuccinct*.

(*c*) Voyez le Voyage fait par ordre du Roi en 1768, &c. Par M. Caſſini fils, &c. A Paris, chez C. A. Jombert. 1770.

je

je vais extraire les différents réſultats relatifs à cette Epreuve.

M. L. R. avoit ſoumis à l'examen les deux Montres qui avoient été éprouvées ſur l'*Aurore* en 1767; c'eſt-à-dire, la Montre *A* & la Montre *S*. En les remettant, *il avoit donné la Montre S comme la plus parfaite, d'après l'Epreuve faite par M. le Marquis de Courtanvaux.* (*a*) Nous avons vu que dans la premiere Epreuve, c'étoit la Montre *A* qu'il avoit annoncée comme la plus parfaite (*b*): mais, dans l'un ni dans l'autre cas, la prédilection de M. L. R. n'a été juſtifiée: celle des deux Montres qu'il a annoncée, avant chaque Epreuve, comme devant aller plus réguliérement, a toujours été la plus irréguliere.

Dans les deux Épreuves, celle des deux Montres que M. L. R. avoit donnée alternativement comme la plus parfaite, a toujours été la plus irréguliere.

On conſtata l'état des deux Montres au Havre, avant le départ: le 8 Juin, la Montre *S* accéléroit par jour ſur le moyen mouvement, de 4 ſecondes: la Montre *A* retardoit au contraire de 1 ſeconde 25 tierces (*c*).

État des Montres conſtaté avant le départ.

Du Havre, on ſe rendit à S. Pierre de Miquelon, dans l'Amérique ſeptentrionale. Voici ce que M. Caſſini rapporte de cette traverſée (page 12 de ſon *Voyage*).

Traverſée.

» Nous terminâmes, après 42 jours, une navigation qu'on » peut regarder comme aſſez heureuſe: les brumes & les vents » nous avoient contrariés quelquefois, à la vérité; mais on doit » s'y attendre dans la ſaiſon où nous nous trouvions (*Juin & » Juillet*): nous n'avions éprouvé d'ailleurs aucun accident, ni » coup de vent ni tempête, & *la mer avoit preſque toujours été* » *belle*: il n'y eut que le 2 & le 5 Juillet où nous éprouvâmes » à la cape les roulis les plus conſidérables ».

On ne put pas faire, à Saint-Pierre, une vérification complete des Montres Marines: la longitude de cette Iſle n'étoit pas déterminée; mais on y conſtata le rapport du mouvement journalier de chaque Montre au mouvement moyen du ſoleil. On eut les réſultats ſuivants (*pag.* 71 du *Voyage*).

État des Montres conſtaté à St. Pierre de Miquelon.

(*a*) *Voyage de M. Caſſini*, page 51.
(*b*) Ci-devant, *page* 89.
(*c*) Page 64 du *Voyage de M. Caſſini.*

	MONTRE *A*.	MONTRE *S*.
Du 28 au 30 Juillet, retard par j.	1″ 13‴	accélér. par j. 10″ 39‴
Du 28 au 31	0. 43.	10. 12
Du 28 Juillet au 1 Août. . . .	0. 41.	9. 45

Il paroît donc que le mouvement de la Montre *A* s'eſt ſoutenu le même qu'il étoit le 8 Juin, au Havre, où il fut établi de 1″ 25‴ en retard par jour; mais celui de la Montre *S*, que M. L. R. avoit donnée comme la plus parfaite, avoit éprouvé un changement conſidérable : ſon accélération journaliere étoit portée à 10″ 39‴, le 28 Juillet, au lieu de 4″ qu'elle étoit le 8 Juin, au Havre; l'augmentation étoit donc de 6″ $\frac{1}{3}$; mais cette augmentation a été bien plus grande dans la traverſée, ſi l'on veut prendre la Montre *A* pour terme de comparaiſon; l'erreur journaliere de la Montre *S* en accélération, aura été de 9″ $\frac{1}{2}$, de 12″ $\frac{1}{2}$, de 16″ $\frac{1}{2}$, juſqu'à 18″ $\frac{1}{2}$, en 24 heures. M. Caſſini s'en étoit apperçu pendant la traverſée : *J'avois ſoupçonné* (dit-il (*a*)) *avant d'arriver* à Saint Pierre *quelque léger dérangement dans une des Montres Marines.*

La Montre S a eu de grandes erreurs en accélération, pendant la traverſée du Havre à Saint-Pierre, & les quantités de ces erreurs ont été fort irrégulieres.

On peut s'en aſſurer, en jettant les yeux ſur la *Table des comparaiſons journalieres* des deux Montres entr'elles (*b*), imprimée à la ſuite de la Relation du Voyage.

Selon le mouvement réciproque des deux Montres, conſtaté le 8 Juin au Havre, *la Montre S devoit accélérer, en 24 heures, ſur la Montre* A, *de* 5″ 25‴. Voyons, en ſuppoſant le mouvement de la Montre *A* uniforme, quelles ont été les variations du mouvement de la Montre *S*, relativement à celui de la premiere, & conſéquemment quelles ont été les variations de la Montre *S*, relativement à ſon propre mouvement établi au Havre.

L'accélération de 5″ 25‴ en 24 heures, que la Montre *S*

(*a*) Page 21 du Voyage.
(*b*) *Ibid.* page 98.

devoit avoir ſur la Montre *A*, ne s'eſt ſoutenue que pendant 5 jours, du 8 au 13 Juin. Du 13 au 14, la Montre *S* avoit accéléré ſur la Montre *A*, de 6″ : la différence n'étoit encore que de 35‴ en excès ; mais, du 14 au 15, l'accélération fut de 10″, c'eſt-à-dire, trop grande de 4″ 35‴ : il eſt marqué dans la Table, que le 14, la mer fut un peu groſſe. L'accélération ſe ſoutint la même, à 1 ou 2″ près de différence, depuis le 15 Juin juſqu'au 3 Juillet ; mais, du 3 au 4, la Montre *S* accéléra ſur la Montre *A* de 12″, c'eſt-à-dire, de 6″ 35‴ de trop ; du 4 au 5, de 14″ $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, de 9″ 5‴ de trop ; le 2 & le 5, on avoit éprouvé de grands roulis. Du 5 au 6, l'accélération diminue : elle eſt ſeulement plus grande qu'au Havre, de 3″ 35‴ ; de ſorte que la différence du mouvement de la Montre *S*, dans les dernieres 24 heures, comparé au mouvement qu'elle a eu dans les 24 heures précédentes, eſt de 5″ $\frac{1}{2}$: nous verrons de plus grandes différences. Du 6 au 7, l'excès de l'accélération ſur le mouvement du Havre, eſt de 5″ 35‴ ; du 7 au 8, cet excès redevient de 9″ 35‴ ; du 8 au 9, il n'eſt plus que de 5″ 5‴ ; & du 9 au 10, de 6″ 35‴. Le 9, on avoit commencé à entrer dans la brume : elle devint fort épaiſſe. Du 10 au 11, l'accélération de la Montre *S*, comparée à la Montre *A* ou au mouvement du Havre, ſe porte à 18″ ; c'eſt-à-dire, que la différence, en excès, eſt de 12″ 35‴ en 24 heures. En comparant ſon mouvement dans ces 24 heures à celui qu'elle avoit eu dans les 24 précédentes, la différence, d'un jour à l'autre, eſt de 6″. L'accélération augmente encore les jours ſuivans : du 11 au 12, l'excès d'accélération ſur le mouvement du Havre, eſt de 16″ 35‴ en 24 heures : du 12 au 13, il eſt de 17″ 35‴. Cet excès diminue inégalement, juſqu'au 18 ; mais, du 18 au 19, il augmente de nouveau, & ſe porte à 18″ 35‴ en 24 heures. Le mouvement de la Montre, dans ces 24 heures, differe de 7″, de celui qu'elle a eu dans les 24 heures précédentes : du 18 au 19, la mer avoit été aſſez groſſe. Dans les jours ſuivants, juſqu'au 28 Juillet, époque de la vérification faite à Saint-Pierre, l'excès de l'accélération journaliere diminue, ſans paroître ſuivre aucune loi, depuis 14″ juſqu'à 3″ en

24 heures. Si l'on compare le mouvement que la Montre *S* avoit du 18 au 19, à celui qu'elle a eu du 26 au 27, on trouvera que la différence journaliere eſt de $15''\frac{1}{2}$, dans l'intervalle de 7 jours.

Réflexion ſur l'irrégularité de la Montre *S*.

Il eſt donc évident que, ſi l'on ſuppoſe, avec M. Caſſini, que le mouvemennt de la Montre *A* a été uniforme dans tout le cours de la traverſée, & qu'on prenne cette Montre pour terme de comparaiſon, comme il l'a fait dans ſa Table, on doit convenir que la Montre *S* a eu des écarts très-conſidérables en accélération, qui n'ont ſuivi aucune progreſſion, tels enfin, qu'on ne ſauroit évaluer l'erreur que la ſomme de ces écarts auroit produite ſur la longitude à la fin de la traverſée. C'eſt cependant cette même Montre *S*, dont le mouvement avoit paru très-régulier dans la deuxieme Période de l'Epreuve de M. le Marquis de Courtanvaux. Les Navigateurs n'héſiteront-ils point d'accorder une confiance entiere à une Montre qui eſt ſi différente d'elle-même dans deux Epreuves conſécutives ?

De la cauſe à laquelle on veut attribuer l'irrégularité de la Montre *S*.

M. Caſſini dit (*pag.* 110 de ſon *Voyage*) « qu'il croit pouvoir attribuer à la ſeule Montre *S*, le déſaccord remarqué » entre les deux Montres dans la traverſée, & pouvoir en rejetter la cauſe *ſur l'humidité des brumes, & non ſur les mouvements d'agitation de la mer* qui ne paroiſſent point avoir eu » lieu dans le même temps que les dérangemens obſervés ».

Je ne prétends point contredire M. Caſſini ; mais il me ſemble, comme je l'ai indiqué dans le tableau des irrégularités de la Montre *S*, que, dans pluſieurs occaſions, le déſaccord des deux Montres a été beaucoup plus ſenſible à proportion que la mer étoit plus agitée : on remarque même que la grande accélération de la Montre *S* a ceſſé dès que la Frégate a été mouillée & tranquille dans le Port de Saint-Pierre; car du 24 au 25 Juillet, l'excès de cette accélération ſur le mouvement établi au Havre, étoit encore de $11''\,35'''$; & du 25 au 26, la Frégate étant à l'ancre (*a*), l'excès de l'accélération n'eſt plus que de $4''$

(*a*) On avoit mouillé à S. Pierre le 25 Juillet à 6 heures du matin. Voyez *le Voyage* page 12.

$35'''$: de ſorte que la différence eſt de $7''$ en 24 heures. N'eſt-ce pas une forte préſomption pour croire qu'on peut attribuer aux agitations de la mer une partie des accélérations conſidérables de la Montre *S*? N'a-t-on pas vu dans la premiere Période de l'Epreuve de M. le Marquis de Courtanvaux, que quelques heures de roulis avoient ſuffi pour produire des erreurs conſidérables en accélération dans la Montre *A*, la ſeule ſoumiſe alors à l'épreuve, & qui eſt parfaitement ſemblable à la Montre *S*. Si, dans cette nouvelle Epreuve, la Montre *A* n'a point été dérangée par les agitations de la mer ; on peut en conclure que les mêmes cauſes ne produiſent pas les mêmes effets ſur les Montres de M. L. R.; & on y eſt d'autant plus fondé que M. L. R. avoit aſſuré que la Montre *S*, qui a eu ici de grandes accélérations, n'en avoit eu aucune dans la premiere Période de l'Epreuve de M. de Courtanvaux, pendant laquelle elle étoit reſtée entre les mains de l'Auteur, tandis qu'on reconnut dans la Montre *A* des accélérations très-conſidérables.

L'irrégularité de la Montre S ne peut être attribuée à l'effet des Brumes.

M. Caſſini veut rejetter les irrégularités de la Montre *S* ſur l'humidité des brumes : je me permettrai de faire, à cet égard, quelques obſervations qui pourront ſervir à raffermir la confiance des Navigateurs, & à éloigner d'eux l'idée d'un effet qui pourroit les allarmer, & qui me paroît chimérique.

1°. Si l'on veut attribuer les irrégularités de la Montre *S* à l'humidité des brumes; il faut ſuppoſer que cette humidité peut pénétrer dans l'intérieur des Machines; mais ſi elle y pénétroit, les pieces d'acier ſeroient tachées de rouille au retour des campagnes, car on ſait que cette brume eſt très-corroſive : or j'ai examiné un aſſez grand nombre de Montres de poche qui avoient été pluſieurs fois à la mer dans différents parages, ſans avoir été nettoyées au retour ; je n'y ai jamais apperçu la moindre tache de rouille : mon Horloge N°. 6, a été aux Indes Orientales, & en eſt revenue ; dans une autre campagne, elle avoit été expoſée pendant pluſieurs jours, aux brumes du *grand banc* ; mon Horloge N°. 8, a fait deux campagnes où elle a pareillement été expoſée aux brumes : après aucune de ces Epreuves la rouille ne s'eſt montrée ; les pieces

d'acier avoient conſervé leur beau poli. Les Montres de M. L. R. & celles d'autres Artiſtes qui concouroient avec lui en 1772, ont été de même expoſées à l'humidité des brumes, ſur un des Bâtiments où mon Horloge N°. 8 étoit auſſi embarquée; & on verra par le rapport de MM. les Commiſſaires, que l'humidité n'avoit pénétré, ni dans les unes ni dans les autres, & qu'au retour, *les pieces même étoient auſſi polies, auſſi brillantes, auſſi exemptes du plus léger ſoupçon de rouille, qu'elles pouvoient l'être en ſortant des mains de l'Horloger :* ce ſont les termes du Rapport (*a*). Si l'on n'a jamais apperçu la plus légere tache de rouille dans les Horloges Marines, au retour des plus longues campagnes, quoiqu'elles euſſent été expoſées aux brumes; c'eſt une preuve, ſans replique, que l'humidité n'y pénetre pas: & quand elle y pénétreroit, quel effet pourroit-elle produire ſur le mouvement d'une Montre? Les métaux ſont-ils extenſibles par l'humidité? Y a-t-il quelque partie du méchaniſme d'une Horloge qui le ſoit, & ſur lequel l'humidité puiſſe influer? On n'auroit à craindre que la rouille; mais les pivots où elle feroit ſans doute le plus nuiſible, n'en ſont-ils pas garantis par l'huile qu'on eſt forcé d'y mettre pour adoucir les frottemens?

2°. Si l'on veut attribuer les irrégularités de la Montre *S* à l'humidité des brumes, nous demanderons pourquoi cette même humidité n'a point altéré la régularité de la Montre *A* qui étoit placée auprès de la Montre *S*, & qui lui eſt *parfaitement ſemblable, ſoit dans ſes principes, ſoit dans la diſpoſition de ſes parties* (*b*)? Une même cauſe ne doit-elle pas produire un même effet ſur les deux Machines, dans les mêmes circonſtances? Si le contraire à lieu, que doit-on augurer de la ſolidité ou de l'application des principes ſur leſquels l'Auteur annonce que les deux Machines ont été conſtruites?

3°. Je ferai une troiſieme remarque: ce n'eſt que le 9 de

(*a*) Voyez le Rapport lu par M. Pingré, à l'Aſſemblée publique de l'Académie des Sciences, le 21 Avril 1773. *Journal des Obſervations ſur la Phyſique, &c.* Juillet 1773, *page* 9.

(*b*) Ci-devant, *page* 103.

Juillet qu'on *commença à entrer dans les brumes* (*a*) ; mais avant cette époque, les accélérations journalieres de la Montre *S* étoient déja très-conſidérables, & avoient été en croiſſant ; du 14 au 15 Juin, l'excès journalier ſur l'accélération du Havre, étoit déja de plus de $4''\frac{1}{2}$, & ſe ſoutint à ce terme pendant quelques jours : du 3 au 4 Juillet, il augmenta & fut de plus de $6''\frac{1}{2}$; du 4 au 5, de $9''$; du 7 au 8, de plus de $9''\frac{1}{2}$; du 8 au 9, il n'étoit plus que de $5''$; & d'un peu plus de $6''$, du 9 au 10. On étoit dans les brumes, & l'excès d'accélération avoit cependant diminué : il eſt vrai qu'il augmenta le 11, & qu'il étoit alors de plus de $12''\frac{1}{2}$, & le 13 de plus $17''\frac{1}{2}$; mais il diminua les jours ſuivants, quoiqu'on fût toujours dans la brume, pour augmenter de nouveau, le 19 : il recommença à diminuer à cette époque, & le 25, dans la rade de Saint Pierre, il n'étoit plus que de $3''\frac{1}{2}$, & le 27, de $3''$; la brume cependant étoit alors très-épaiſſe : « nous ne » fûmes pas plutôt mouillés (dit M. Caſſini, *pag.* 12 du *Voyage*) » à l'entrée de la rade de Saint Pierre, le 25 Juillet à ſix heu» res du matin, que *la brume la plus épaiſſe vint dérober à nos » yeux, pendant deux jours*, la terre qui nous environnoit ».

Il paroît donc qu'il n'y a aucune raiſon qui puiſſe faire attribuer à l'humidité des brumes les irrégularités de la Montre *S* : car, outre que cette humidité ne paroît pas avoir altéré la régularité de la Montre *A*, parfaitement ſemblable à la Montre *S* ; les irrégularités même de cette derniere Montre n'ont paru ſuivre aucune loi ; elles ont eu lieu, ſoit qu'il y eût de la brume, ſoit qu'il n'y en eût pas ; l'accélération a augmenté & diminué ſans brume ; a augmenté ou diminué avec de la brume : à qu'elle cauſe faudra-t-il donc attribuer des irrégularités ſi conſidérables, & qui n'ont pas ceſſé pendant près de ſix ſemaines ? Nous l'ignorons ; & bien d'autres peut-être l'ignorent comme nous.

L'*Enjouée* partit de Saint-Pierre le 3 Août, & le 26, elle mouilla devant Salé, à la côte d'Afrique. *Beau temps, bon* Traverſée de St-Pierre à Sale, & de Sale à Cadix.

(*a*) Voyez le *Voyage* de M. Caſſini, *page* 4.

vent, belle mer : voilà en peu de mots (dit M. Caſſini (*a*)) *l'hiſtoire de notre traverſée de Saint-Pierre à Salé ; ce qui m'exempte d'un plus long détail.*

La Frégate partit de Salé le 10 de Septembre, & après quatre jours de vent favorable, elle fut rendue à Cadix, où elle laiſſa tomber l'ancre le 13 Septembre au ſoir.

De la marche comparée des deux Montres dans les deux traverſées.

Si l'on examine la marche réciproque des deux Montres dans le cours de ces deux traverſées, on y reconnoîtra des inégalités aſſez conſidérables, quoiqu'elles le ſoient moins que dans la traverſée du Havre à Saint-Pierre. D'après les obſervations faites dans ce dernier Port (*b*), on établit que le 1ᵉ. Août, la Montre *S* accéléroit par jour, ſur le moyen mouvement, de $9'' 45'''$, & que la Montre *A* retardoit, au contraire, de $41'''$: il s'enſuit que la Montre *S* devoit accélérer, en 24 heures, ſur la Montre *A*, de $10'' 26'''$.

On remarque des inégalités aſſez conſidérables dans le mouvement réciproque des deux Montres.

En jettant les yeux ſur la *Table des comparaiſons journalieres* (*c*), on voit que, dès le premier jour, du 1 au 2 Août, l'accélération de la Montre *S* ſur la Montre *A*, n'eſt deja plus que de $7''$, c'eſt-à-dire, qu'elle a été trop petite de $3'' 26'''$ en 24 heures : cette accélération diminue encore les jours ſuivans, juſqu'au 16, mais irréguliérement, tantôt plus, tantôt moins (*d*) ; la diminution eſt de $3'' 26'''$, à $8'' 56'''$ en 24 heures. Du 16 Août au 16 Septembre, l'accélération de la Montre *S* ſur la Montre *A* diminue encore davantage : la diminution eſt de $9'' 26'''$, $10'' 26'''$, $11'' 26'''$, & $12'' 56'''$, en 24 heures.

Doit-on imputer toutes les inégalités du mouvement réciproque des deux Montres à la ſeule Montre *S* ? Ne doit-on rien mettre ſur le compte de la Montre *A* ? Nous allons voir,

(*a*) Page 22 du *Voyage*.

(*b*) Ci-devant, *page* 106.

(*c*) Voyez le *Voyage de M. Caſſini*, page 102 & ſuiv.

(*d*) Il paroît qu'il y a une faute d'impreſſion à la page 102 du *Voyage de M. Caſſini* : au 3 Août, on a marqué l'avance de la Montre *S* ſur la Montre *A* de $12' 83''$; elle doit être ſans doute de $12' 3''$: autrement la variation de l'avance, du 2 au 3, eût été $+ 15''$ & non pas $+ 5''$, & du 3 au 4, $- 3''$ & non pas $+ 7''$: par conſéquent, la différence entre le mouvement de l'Horloge dans le premier jour, & ſon mouvement dans le ſecond, eût été de 18 ſecondes ; au lieu que ſelon toute apparence, elle n'a été que de deux ſecondes, (différence de $+ 5$ à $+ 7$).

par

par le réſultat des obſervations qui furent faites dans le mois de Septembre à Cadix, que ce ſeroit peut-être trop haſarder que de donner une confiance entiere à la Montre *A*.

On vérifia le mouvement de chaque Montre, à Cadix, du 16 au 30 Septembre, & on eut les réſultats ſuivants (*a*).

	MONTRE *S.*	MONTRE *A.*
Du 16 au 17 accélér. par jour	1″ 32‴.	accélér. par j. 2″ 2‴
17 au 18.	1. 49	2. 49
18 au 20.	3. 00	3. 45
20 au 22.	2. 16	2. 31
22 au 24.	3. 52	5. 22
24 au 25.	2. 44	4. 44
25 au 30.	6. 31	14. 49

On voit que, du 17 au 25, en 8 jours, le mouvement de la Montre *S*, a varié de 5″ moins 1‴; le 25, l'accélération avoit augmenté ſubitement de 3″ 47‴, en 24 heures. Marche des Montres à Cadix.

La variation a été beaucoup plus conſidérable dans la Montre *A* qui paroiſſoit avoir conſervé ſa régularité dans la premiere traverſée du Havre à Saint Pierre : du 17 au 25, en 8 jours, ſon accélération journaliere s'accroît de 12″ 47‴; & le 25, elle avoit augmenté ſubitement, en 24 heures, de 10″ 5‴, la Montre étant à terre.

L'accroiſſement d'accélération, de 3″ 47‴, en 24 heures, dans la Montre *S*, ne peut étonner; nous lui en avons reconnu de bien plus conſidérables; mais à quoi doit-on attribuer cet écart ſubit de la Montre *A*, de 10″ 5‴, en 24 heures, qui s'eſt ſoutenu du 25 au 30.

« Cette irrégularité aſſez conſidérable de la Montre *A*, dit » M. Caſſini (*b*), reconnue par les dernieres obſervations de

(*a*) Voyez le *Voyage*, *page* 85.
(*b*) Ibid. page 86.

» Cadix, ainſi qu'une variation, mais légere, à la vérité, de » la part de la Montre *S* qui a eu lieu dans les mêmes mo- » mens, doivent par conſéquent être attribuées à une même » cauſe que je crois pouvoir aſſigner : en effet, le 25 Septem- » bre, à midi, le Thermometre placé du côté du Nord, étoit » à $22^{d}\frac{1}{2}$; il n'avoit point encore monté ſi haut depuis notre » arrivée à Cadix. Le lendemain, & le ſur-lendemain 26 & » 27 Septembre, il ſouffla un vent d'Eſt qui nous amena une » chaleur étouffante qui fit monter le Thermometre à $24^{d}\frac{1}{2}$. » Le 28, il ſe ſoutint encore, à midi, à $21^{d}\frac{1}{2}$. Ces plus grandes » hauteurs du Thermometre remarquées dans le même temps » que les variations des Montres, donnent tout lieu de croire » que la chaleur a eu quelque influence ſur leur mouvement ».

Les irrégularités des deux Montres à Cadix, ne peuvent être attribuées à l'effet de la chaleur.

Je me permettrai de faire encore ici quelques remarques qui m'empêchent de me ranger à l'opinion de M. Caſſini.

1°. Une chaleur *étouffante* peut bien gêner la reſpiration des hommes ; mais elle ne doit pas gêner le mouvement d'une Montre : c'eſt du degré effectif de chaleur, dont il s'agit pour l'Horloge, & non de la qualité de la chaleur.

2°. L'augmentation peu conſidérable qu'a éprouvé l'accélération de la Montre *S*, dans le même temps que la Montre *A* a eu ſon écart bruſque de 10″, n'eſt pas une preuve qu'on doive attribuer l'irrégularité des deux Montres à la même cauſe, à la chaleur : car l'accroiſſement d'accélération dans la Montre *S*, n'a été que de 3″ 47‴, en 24 heures ; & nous avons vu (*a*) que cette même Montre, dans la traverſée du Havre à Saint Pierre, avoit eu, en 24 heures, des accroiſſements d'accélération de 5, 6 & 7 ſecondes ; certainement on ne peut attribuer ces irrégularités à l'effet de la chaleur ; & cependant elles ſont plus conſidérables que celles que cette même Montre a eues à Cadix.

3°. Il eſt certain qu'un *Thermometre expoſé au Nord*, à l'Obſervatoire de Cadix, le 25 Septembre, à midi, y a monté à $22^{d}\frac{1}{2}$; que le 26, le 27 & le 28, le même Thermometre expoſé au même endroit, y a monté à $24^{d}\frac{1}{2}$; & que le

(*a*) Ci-devant, page. 106.

29 & le 30, il s'y eſt encore ſoutenu à $21^{d}\frac{1}{2}$: mais on voit dans la *Table des comparaiſons journalieres des Montres*, imprimée à la ſuite des obſervations (*a*), que le *Thermometre des Montres*, celui qui étoit enfermé dans une des caiſſes, n'eſt monté qu'à $19^{d}\frac{1}{2}$, le 25 Septembre, à midi; le 26, à 20^{d}; le 27, à 21^{d}; le 28, à $20^{d}\frac{1}{4}$; le 29, à $20^{d}\frac{1}{2}$; le 30, à 20^{d}. La plus grande chaleur que les Montres aient éprouvée à Cadix, a donc été de 21^{d}, le 27 Septembre : c'eſt celle qui étoit indiquée par leur propre Thermometre; elles n'ont pu éprouver la même chaleur que le Thermometre qui étoit expoſé au Nord dans l'Obſervatoire, puiſqu'elles n'étoient pas à la même expoſition.

4°. On voit encore dans la *Table des comparaiſons journalieres*, que, depuis le 16 Septembre à Cadix, juſqu'au 25, le Thermometre des Montres s'eſt ſoutenu conſtamment entre 19 & $19^{d}\frac{1}{2}$: cette chaleur des premiers jours de la vérification faite à Cadix ne différoit donc que d'un à deux degrés, de celle que les Montres ont éprouvée dans les derniers jours : pourquoi n'a-t-elle pas influé ſur le mouvement des Montres dans les neuf premiers jours? Car on voit que, dans cet intervalle, l'accélération journaliere de chaque Montre a tantôt *augmenté* & tantôt *diminué* juſqu'au 25; ce n'eſt que le 25, qu'elle s'eſt accrue ſubitement de $10''\ 5'''$ dans la Montre *A*; & de $3''\ 47'''$ ſeulement dans la Montre *S*. Mais dans celle-ci, on avoit déja vu à Cadix, avant le 20, une augmentation de $1''\frac{1}{3}$, qui fut ſuivie d'une diminution, &c. On peut remarquer d'ailleurs que ce n'eſt que le 27 que la chaleur a été de 21^{d}, la plus grande qu'aient éprouvé les Montres; & que c'eſt du 24 au 25, que la grande accélération de la Montre *A* avoit commencé : avant le 27, la chaleur n'avoit pas été plus forte que dans les premiers jours de la vérification.

5°. Mais ce n'étoit pas la premiere fois, dans cette Epreuve, que les Montres avoient été expoſées à la plus grande chaleur qu'elles aient éprouvée pendant leur ſéjour à Cadix;

(*a*) Page 105 du Voyage, colonne du Thermometre.

on peut voir dans la *Table des comparaiſons journalieres* (*a*), que dans les traverſées de Saint-Pierre à Salé, & de Salé à Cadix, depuis le 15 Août juſqu'au 16 Septembre, c'eſt-à-dire, pendant les 32 jours qui ont précédé la vérification de Cadix, le Thermometre des Montres s'eſt ſoutenu ſans interruption à 19, 20 & 21 degrés & même à 22; il n'a été que quatre fois au-deſſous de 19, c'eſt-à-dire, à 18 & $18^{d}\frac{1}{2}$: & le temps de la plus grande chaleur eſt cependant celui où le mouvement réciproque des Montres a paru avoir le moins de variation. Si la même cauſe ne produit pas toujours les mêmes effets, eſt-on bien fondé à attribuer un effet à cette cauſe?

6°. Mais il ſe préſente encore une réflexion: ne ſeroit-il pas bien étonnant que la chaleur eût une ſi grande influence ſur les Montres de M. L. R., & qu'elle pût y occaſionner du déſordre? On peut voir dans ſon *Expoſé ſuccinct* (*pag.* 29), combien peu il en redoutoit les effets: « il paroît (dit-il) que M. » Harriſon ne conſtruit ſes Montres que pour des degrés de cha» leur & de froid très-modérés. On lui a propoſé qu'elles fuſſent » obſervées par le temps le plus froid, & à un degré de cha» leur qui fît monter le Thermometre de Farheinhet au 86me » degré, répondant au vingt-huitieme de Réaumur, qui eſt un » degré qu'on éprouve ſous la zone torride & même ſouvent » dans nos climats. Cette demande, dit-on, a paru bien dure à » ſes amis. M. le Marquis de Courtanvaux peut rendre témoi» gnage que, de mon propre mouvement, je lui ai propoſé » d'éprouver une de mes Montres, non-ſeulement au quatre» vingt-ſixieme degré, mais même au centieme; *l'aſſurant d'a» près, mes expériences, qu'il n'y remarqueroit aucune différence » ſenſible* ».

Concluons à la ſuite de ces remarques, que c'eſt une peine inutile, que de ſe mettre à la torture pour chercher à quelle cauſe on doit attribuer les irrégularités des Montres Marines: une Montre eſt irréguliere, parce qu'elle eſt irréguliere: toutes les raiſons qu'on pourroit donner ne la juſtifient pas. Qu'on

(*a*) *Voyage de M. Caſſini*, pages 102 & ſuiv. colonne du Thermometre.

attribue les irrégularités à l'humidité de l'air, à l'effet de la chaleur ; qu'on les mette ſur le compte des roulis, &c : on n'empêche pas que les Montres n'aient eu ces irrégularités ; & les Navigateurs ne demandent pas pourquoi une Montre a été irréguliere, ils demandent qu'elle ſoit réguliere ; ils demandent qu'au moins ſes écarts, quelle qu'en ſoit la cauſe, n'excédent pas $2'' \frac{6}{7}$ par jour, afin qu'on ſoit aſſuré, qu'après ſix ſemaines, elle donnera la Longitude à la préciſion d'un *demi-degré*.

De la préciſion à laquelle les deux Montres auroient donné la Longitude à Cadix.

Pour apprécier la régularité des Montres de M. L. R. M. Caſſini recherche à quelle préciſion elles auroient donné la longitude de Cadix, le 16 Septembre, en ne ſuppoſant autre choſe de connu que le mouvement des Montres tel qu'il avoit été établi au Havre, le 8 Juin. Il trouve qu'après 100 jours (*a*), l'erreur de la Montre *A*, eſt de 53 minutes de degré, & celle de la Montre *S*, de 1 degré 39 minutes.

On a tout lieu de croire qu'il s'eſt fait une compenſation d'erreurs dans la Montre *S* : car, ſi l'on doit attribuer à cette Montre, tous les écarts reconnus entre les mouvemens comparés des deux Montres, pendant les deux traverſées ; la ſomme de ces écarts produira plus d'un degré deux tiers d'erreur ; mais peut-on bien conclure avec certitude, qu'aucun des écarts ne doit être attribué à la Montre *A* ? L'accroiſſement bruſque d'accélération qu'elle a eu à Cadix, étant à terre, & qui n'eſt pas moins que de $10''$, en 24 heures, ne peut-il pas faire naître quelque doute ſur ſa régularité apparente juſqu'à cette époque ; puiſque, avant ce temps, elle s'étoit trouvée dans les mêmes circonſtances, & avoit été expoſée aux mêmes degrés de chaleur, qu'elle a depuis éprouvés à Cadix ?

Du Mouvement journalier de chaque Montre, d'après lequel on doit calculer, pour la traverſée de Cadix à Breſt.

Examinons quel mouvement journalier on devoit ſuppoſer à chaque Montre, en partant de Cadix pour ſe rendre à Breſt.

(*a*) Voyez *le Voyage*, page 90. M. Caſſini compte 109 jours, parce qu'il rapporte au 30 Mai, l'établiſſement du mouvement des Montres au Havre ; mais les 9 jours employés à établir le mouvement, ne doivent pas être compris dans la période d'Épreuve, qui ne commence qu'au 8 de Juin, dernier jour d'obſervations.

En comparant entr'eux les midis du 16 & du 30 Septembre, à Cadix, on déduit l'accélération journaliere de la Montre *S* ſur le moyen mouvement, de 4″ 25‴ par jour; & celle de la Montre *A*, de 7″ 38‴ (*pag.* 87 *du Voyage*). D'après ces mouvements, la Montre *A* devoit accélérer, chaque jour, ſur la Montre *S*, de 3″ 13‴.

Mais ne paroît-il pas qu'on doit calculer, pour la traverſée qui ſuit la vérification de Cadix, d'après le réſultat des obſervations les plus voiſines du départ? je veux dire d'après celles du 25 au 30 Septembre, par leſquelles on établit que la Montre *S* accéléroit chaque jour, ſur le moyen mouvement, de 6″ 31‴, & la Montre *A*, de 14″ 49‴ (ci-devant *pag.* 113). Si l'on n'eût pas fait les premieres obſervations de Cadix, avant le 25, n'eut-on pas compté ſur celles du 25 & du 30? y a-t-il quelque raiſon qui les eut fait rejetter? D'après ces derniers mouvements, la Montre *A* devoit accélérer, chaque jour, ſur la Montre *S*, de 8″ 18‴. Il paroît même que, du 30 Septembre juſqu'au 24 Octobre, le mouvement réciproque des deux Montres ne s'eſt pas fort éloigné du rapport qu'on établit d'après les dernieres obſervations de Cadix: car on voit, par la *Table des comparaiſons journalieres* (*a*), que, dans cet intervalle, l'accélération journaliere de la Montre *A* ſur la Montre *S*, a été aſſez ordinairement entre 6″ & 6″ $\frac{1}{2}$: cinq fois de 7″ $\frac{1}{2}$: deux fois de 9″: une fois de 10″: deux fois de 5″: une ſeule fois de 4″ (*b*). Le terme moyen entre les différentes accélérations de la Montre *A* ſur la Montre *S*, qui ſeroit à-peu-près 6″ $\frac{1}{4}$, differe moins, comme on le voit, du mouvement réciproque conclu des dernieres obſervations de Cadix (c'eſt-à-dire, de 8″ 18‴), qu'il ne differe du mouvement réciproque conclu des obſervations faites aux deux termes extrêmes de la vérification de Cadix (c'eſt-à-dire, de 3″ 13‴.

(*a*) Voyez le *Voyage*, pag. 106 & 107.

(*b*) Les variations de l'accélération journaliere de la Montre *A* ſur la Montre *S*, ne furent jamais que de 1 à 2 ſecondes, excepté du 5 au 6 d'Octobre: dans ces 24 heures, la Montre *A* accéléra ſur la Montre *S* de 10 ſecondes; dans les 24 heures précédentes, elle n'avoit accéléré que de 4 ſecondes; la différence eſt de 6 ſecondes en 24 heures.

Ce n'eſt que le 25 d'Octobre que l'accélération journaliere de la Montre *A*, par rapport à la Montre *S*, commence à n'être plus que de $3''\frac{1}{2}$, & ſe ſoutient la même, à 1 ou 2″ de différence près, juſqu'au 4 de Novembre, époque de la derniere vérification, qui fut faite à Breſt.

De la préciſion à laquelle les deux Montres ont donné les Longitudes après 35 jours.

En calculant, pour la traverſée de Cadix à Breſt, d'après le mouvement journalier de chaque Montre, tel que l'ont donné les dernieres obſervations de Cadix, M. Caſſini conclut (*a*) que le 4 Novembre à Breſt, l'erreur de la Montre *A* étoit de 0 heure 3′ 57″ 2‴, & celle de la Montre *S*, de 0 heure 2′ 19″ 52‴; c'eſt-à-dire, qu'après 35 jours (*b*), l'erreur de la Montre *A*, ſur la longitude de Breſt, étoit *d'un degré* (moins trois quarts de minute), & l'erreur de la Montre *S* de *trente cinq minutes de degré*, c'eſt-à-dire, de plus d'un demi-degré.

La Montre *A*, qui avoit d'abord été ſi réguliere, donne *un degré* d'erreur après 35 jours.

Il faut remarquer que la Montre *S*, qui étoit la moins réguliere au commencement de l'Epreuve, eſt devenue à la fin la meilleure; & que la Montre *A* qui d'abord avoit paru ſi parfaite, finit par donner *un degré d'erreur* après *trente-cinq jours*.

La même remarque aura lieu, ſi, comme l'a fait M. Caſſini (*c*), on veut comprendre l'Epreuve entiere dans le calcul, c'eſt-à-dire, tout le temps écoulé, entre le 8 Juin, dernier jour d'obſervations au Havre, & le 4 Novembre, premier jour des obſervations de Breſt. On aura, à la fin de cette période de 149 jours (*d*), une erreur de *deux degrés trois quarts* par la Montre *A*: l'erreur n'eſt que d'un peu plus d'*un degré & demi* par la Montre *S*, malgré toute l'irrégularité qui s'eſt

(*a*) Voyez le *Voyage*, page 97, Note

(*b*) M. Caſſini en compte 40, parce qu'il comprend dans la période les cinq jours écoulés du 25 au 30 Septembre; mais comme les obſervations de Cadix qui ont ſervi à conſtater le mouvement de chaque Montre, n'ont fini que le 30; ce n'eſt qu'à cette derniere époque que la période doit commencer.

(*c*) *Voyage*, page 96.

(*d*) M. Caſſini compte cette période, compriſe, ſelon lui, entre le 30 Mai & le 4 Novembre, de 161 jours. Il y a évidemment une faute d'impreſſion; l'intervalle n'eſt que de 158 jours: nous ne le comptons que de 149, parce que les 9 jours écoulés entre le 30 de Mai & le 8 de Juin, ont été employés aux obſervations qui ont ſervi à établir le mouvement journalier de chaque Montre.

manifeſtée dans cette derniere Montre pendant la durée de l'Epreuve. Il paroît évident que ſans le ſecours des compenſations, l'erreur de la Montre *S*, après 149 jours, eût été beaucoup plus conſidérable qu'elle ne l'a été : il n'eſt pas poſſible d'apprécier exactement la régularité des Montres Marines, quand on veut embraſſer de trop longs intervalles.

Du mouvement de chaque Montre à Breſt.

Le mouvement journalier de chaque Montre fut encore conſtaté à Breſt avant que de terminer l'Epreuve. Par les obſervations qui furent faites du 4 au 7 Novembre, on reconnut que la Montre *A* accéléroit alors ſur le moyen mouvement, de $7''\ 20'''$, en 24 heures (*a*), c'eſt-à-dire, de $7''\ 29'''$ de moins qu'à Cadix, trente-cinq jours auparavant (*). L'accélération journaliere de la Monte *S*, ſur le moyen mouvement, étoit de $5''\ 9'''$ (*b*), c'eſt-à-dire, moins grande ſeulement qu'à Cadix, de $1''\ 22'''$. La Montre *A* accéléroit donc, à Breſt, ſur la Montre *S*, de $2''\ 11'''$, en 24 heures. En jettant les yeux ſur la *Table des comparaiſons journalieres* (*c*), on voit que ce n'eſt que le 25 d'Octobre, c'eſt-à-dire, 10 jours ſeulement avant la vérification de Breſt, que les Montres ont commencé à avoir entr'elles ce rapport d'accélération, à $1''$ près : avant ce terme, la différence d'accélération de l'une ſur l'autre avoit été entre ſix & ſept ſecondes ; ce qui ſe rapproche beaucoup plus de la différence de 8 ſecondes un tiers, établie d'après les obſervations du 25 & du 30 Septembre à Cadix, qu'il n'approche de la différence de 3 ſecondes 13 tierces, qu'on voudroit établir d'après les obſervations extrêmes, faites le 16 & le 30 Septembre à Cadix. Cette remarque confirme ce que nous avons déja dit (*pag.* 118), qu'on devoit calculer, pour la traverſée de Cadix à Breſt, d'après le mouvement qu'avoient indiqué les dernieres obſervations de Cadix.

APRÈS cette ſeconde Epreuve, l'Académie Royale des Sciences décerna le prix de 1769, aux Montres Marines de

(*a*) *Voyage*, page 94.

(*) En comptant ſur le mouvement des Montres à Cadix, tel qu'on l'établit d'après les dernieres obſervations (ci-devant, *pages* 113 & 118.)

(*b*) *Voyage*, page 95.

(*c*) *Ibid.* page 107.

M.

M. L. R. les ſeules qui euſſent été éprouvées ſur l'*Aurore* en 1767, & ſur l'*Enjouée* en 1768. L'Académie déclara cependant que *le but principal de cette récompenſe étoit d'encourager l'Auteur à de nouvelles recherches.* Il paroît que cette ſavante Compagnie crut ne devoir prononcer que ſur une des deux Montres (ſur la Montre *A*) : car il n'eſt parlé dans le Programme que d'une ſeule Montre, de celle qui *même étant à terre* (dit l'Académie) a paru avancer aſſez *bruſquement de* 11 *à* 12 *ſecondes par jour : d'où il ſuit* (conclue-t-elle) *que cette Montre n'a pas encore le degré de perfection qu'on peut y déſirer.* (Voyez ci-devant *pag.* 12).

Epreuve de mes Horloges N°. 6 & N°. 8, *ſur la Frégate* l'Iſis, *en* 1768 *&* 1769.

Si l'Ouvrage de M. de Fleurieu, qui doit rendre compte de l'Epreuve de mes Horloges Marines, N°. 6 & N°. 8, étoit public ; je pourrois en faire un Extrait dont le Lecteur ſeroit à portée de vérifier l'exactitude dans l'Ouvrage même (*a*). Pour y ſuppléer, j'ai prié M. de Fleurieu de vouloir bien me communiquer les réſultats de toutes les obſervations qu'il a faites, conjointement avec M. Pingré, de l'Académie des Sciences, pour vérifier la régularité de mes Horloges Marines, dans différents Ports d'Europe, d'Afrique & d'Amérique. Je vais mettre ſous les yeux du Lecteur le Précis de l'Epreuve, tel qu'il m'a été donné par M. de Fleurieu.

(*a*) Cet Ouvrage s'imprime à l'Imprimerie Royale, ſous le titre de *Voyage fait par ordre du Roi, en* 1768 *&* 1769, *à différentes parties du Monde*, pour éprouver en mer les Horloges Marines de M. Ferdinand Berthoud, &c. Il doit paroître inceſſamment.

Précis de l'Epreuve des Horloges N°. 6 & N°. 8, de M. Ferdinand Berthoud, faite par ordre du Roi en 1768 & 1769, ſur la Frégate l'Iſis, *armée au Port de Rochefort.*

Idée générale de l'Épreuve.

» L'Epreuve des Horloges Marines de M. Berthoud a commencé à Rochefort, le 10 de Novembre de l'année 1768, » & fini dans le même Port, le 21 de Novembre de l'année ſuivante. Pluſieurs coups de vent eſſuyés dans le cours de la » campagne, des Roulis preſque continus, & dont l'étendue » (meſurée) paſſoit quelquefois 45 dégrés; toutes les viciſſitudes de la température de l'air, depuis le terme de la congé» lation, juſqu'au vingt-cinquieme degré du Thermometre de » Reaumur (*); l'humidité pénétrante des Brumes du grand » banc de Terre-Neuve, à travers leſquelles on a navigué pendant pluſieurs jours conſécutifs: enfin, toutes les cauſes phyſiques qui peuvent contribuer à altérer la juſteſſe d'un Horloge » Marine, ſe ſont combinées & réunies dans le cours d'une » année, pour éprouver la régularité des Horloges de M. Bertoud. Quatorze vérifications faites dans différents Ports, à » des termes peu éloignés, ont prévenu les compenſations d'erreurs, qui peuvent avoir lieu dans de trop longs intervalles, » & nous ont fourni les moyens d'apprécier très-exactement la » régularité abſolue de chaque Horloge, pendant chaque pé» riode particuliere. Telle eſt l'idée générale qu'on peut ſe former de la rigueur & des circonſtances de cette Epreuve.

« M. Berthoud » déclare, avant » l'Épreuve qu'on » doit attendre, plus » de juſteſſe du » N°. 8 que du » N°. 6. »

» M. Berthoud avoit déclaré par écrit, avant l'Epreuve de » ſes Horloges Marines, que l'Horloge qu'il avoit cotée N°. 8, » étoit celle dont on devoit attendre le plus de juſteſſe: l'événement a juſtifié la prédiction: & comme M. Bertoud nous a » paru déſirer particuliérement les détails relatifs à cette Horloge, nous inſiſterons moins ſur ceux qui appartiennent à l'Horloge, N°. 6.

(*) Nous ne parlons ici que du Thermometre qui étoit enfermé dans la caiſſe d'une des Horloges: celui qu'on expoſoit à l'air libre, a deſcendu beaucoup plus bas & monté beaucoup plus haut. (*Note de M. de Fleurieu.*)

» Tous les réſultats que nous allons donner ſont pris par un » milieu entre les obſervations de M. Pingré & les miennes : ces » obſervations ſont dépoſées en original au Bureau des Plans & » Journaux de la Marine : les Procès-verbaux ſont ſignés de tous » les Officiers de la Frégate, qui ont aſſiſté à nos opérations.

Tableau des mouvements journaliers de chaque Horloge, comparés au moyen mouvement du Soleil.

» Le rapport du mouvement de l'Horloge, N°. 8, au moyen » mouvement du Soleil, ne s'eſt pas ſoutenu le même pendant » la durée de l'Epreuve : le retard journalier de cette Horloge » étoit, le 7 Décembre 1768, de 4 ſecondes $\frac{11}{100}$: le premier No- » vembre 1769, il étoit de 18 ſecondes $\frac{4}{10}$. Mais cet accroiſſe- » ment de retard journalier a été à très-peu près progreſſif ; & » dans aucune circonſtance, il n'a produit, après ſix ſemaines, » plus d'*un quart de degré* d'erreur ſur la Longitude des Ports où » nous avons abordé : le plus ſouvent l'erreur étoit beaucoup » moindre.

» Le mouvement journalier de l'Horloge, N°. 6, ne paroît » avoir ſuivi aucune progreſſion : le retard journalier a quel- » quefois diminué, quelquefois il a augmenté : il étoit plus » grand à la fin de l'Epreuve, qu'onze mois & demi auparavant, » de 18 ſecondes $\frac{3}{4}$. Dans les ſix premiers mois de l'Epreuve, » les variations du mouvement de cette Horloge, n'ont jamais » produit une erreur en Longitude de plus d'*un quart de degré*, » après ſix ſemaines, quelquefois moins : excepté à la deuxieme » vérification, faite à l'Iſle d'Aix, (le 22 Décembre 1768) temps » auquel un très-grand froid occaſionna dans le N°. 6 un dé- » rangement accidentel qui n'eut plus lieu dès que le froid ceſſa.

» Nous avons vérifié dix fois le mouvement de chaque Hor- » loge, & nous avons eu les réſultats ſuivans :

	Horl. N°. 8. *Secondes.*	Horl. N°. 6. *Secondes.*
A Rochefort, du 14 Nov. au 7 Déc. 1768, ret. par jour.	4, $\frac{11}{100}$	R. par j. 6, $\frac{11}{100}$.
A l'Iſle d'Aix, du 22 Déc. au 18 Janv. 1769.....	5,09.	.....4,86.
A Cadix, du 1er au 4 Mars.....	8,54.	.....5,61.
A la Praya (Iſles du Cap-verd) du 13 au 18 Avril ....11,61.		.....7,81.
Au Fort-Royal (Martinique) du 11 au 14 Mai.....13,47.		.....4,17.

	Horl. N°. 8. *secondes.*	Horl. N°. 6. *secondes.*
Au Cap-François (S. Domingue) du 7 au 10 Juin....	14,42.	.....7,94.
A Angra (Iſles Açores) du 25 au 31 Juil.....	16,75.	.....12,78.
A Ste. Croix (Iſle de Ténériffe) du 18 au 21 Août...	19,27.	.....14,05.
A Cadix (*iterum*) du 4 au 10 Octobre.....	15,92.	.....25,03.
A l'Iſle d'Aix (*iterum*) du 1er au 13 Novembre.....	18,60.	.....25,10.

Examen de la marche du N°. 8.

» Si l'on veut comparer entr'eux les mouvemens de » l'Horloge N°. 8, tels qu'ils ont été conſtatés aux diffé- » rentes époques des vérifications ; on trouvera que, du » 7 Décembre 1768 au 22 du même mois, après 15 jours, » le retard journalier avoit augmenté de $\frac{97}{100}$ de ſeconde ; » c'eſt à raiſon de *ſix centiemes & demi* de ſeconde d'accroiſſement » par chaque jour, en ſuppoſant l'accroiſſement progreſſif (*). » Du 18 Janvier 1769 au premier Mars, après 42 jours, » l'augmentation totale étoit de 3 ſecondes $\frac{45}{100}$: l'accroiſſe- » ment journalier avoit donc été de *huit centiemes* de ſeconde. Du » 4 Mars au 13 Avril, après 40 jours, l'augmentation totale » étoit de 3 ſecondes $\frac{7}{100}$: l'accroiſſement journalier avoit donc » été d'un peu moins de *huit centiemes*. Du 18 Avril au 11 Mai, » après 23 jours, l'augmentation totale étoit de 1 ſeconde » $\frac{86}{100}$: l'accroiſſement journalier avoit donc été de *huit centiemes*: » ainſi, l'on voit que, du 7 Décembre 1768 juſquau 11 Mai » 1769, c'eſt-à-dire, pendant plus de 5 mois, l'accroiſſement » du retard journalier de l'Horloge a ſuivi aſſez conſtamment une » progreſſion arithmétique, dont la différence commune étoit à » peu près de *huit centiemes* de ſeconde. Cette différence a été » moindre enſuite pendant un mois : Du 14 Mai au 7 Juin, » après 24 jours, l'augmentation totale du retard étoit de $\frac{95}{100}$ de » ſeconde ; & par conſéquent l'accroiſſement journalier n'avoit » été que de *quatre centiemes*. Du 10 Juin au 25 Juillet, la pro- » greſſion eſt revenue à ſon ancienne différence : l'augmentation

(*) Si le dernier terme d'une progreſſion arithmétique compoſée de 15 termes, eſt $\frac{97}{100}$; & que le premier ſoit zéro ; le deuxieme terme, qui eſt auſſi la différence commune de la progreſſion, ſera $0''$, $\frac{064847}{1000000}$, ou ſeulement $0'$, $\frac{06}{100}$ en négligeant les fractions au-deſſous des centiemes. (*Note de M. de Fleurieu.*)

» totale, après 45 jours, étoit de 2 ſecondes $\frac{11}{100}$: l'accroiſſe-
» ment journalier avoit donc été d'un peu plus de *huit centiemes.*
» Du 31 Juillet au 18 Août, après 18 jours, l'augmentation
» totale étoit de 2 ſecondes $\frac{14}{100}$: l'accroiſſement journalier avoit
» donc été de *quatorze centiemes* : c'eſt le temps de l'Epreuve où
» l'accroiſſement a été le plus grand. Du 21 Août au 4 Octobre,
» le retard journalier du mouvement de l'Horloge avoit diminué :
» c'eſt la premiere & l'unique fois, pendant toute la durée de
» l'Epreuve, que cette diminution a eu lieu. La diminution to-
» tale du retard journalier étoit, après 44 jours, de 3 ſecondes
» $\frac{11}{100}$: la diminution journaliere avoit donc été de *ſept centiemes*
» $\frac{3}{4}$. Le retard journalier reprit enſuite ſon accroiſſement : du
» 10 Octobre au premier Novembre, après 21 jours, l'augmen-
» tation totale étoit de 2 ſecondes $\frac{68}{100}$: l'accroiſſement journalier
» avoit donc été d'un peu moins de *treize centiemes.*

» M. Berthoud, en examinant l'Horloge N°. 8 qui lui avoit
» été remiſe à notre retour, & en faiſant de nouvelles expé-
» riences avec cette Machine, reconnut à quelle cauſe il de-
»voit attribuer l'accroiſſement progreſſif du retard journalier que
» nous avions obſervé pendant l'Epreuve de 1769 (*a*) ; & l'on
» a pu juger d'après le réſultat des obſervations qui ont été faites
» en 1771 & 1772, par MM. de Verdun, de Borda & Pingré,
» que cette Horloge avoit eu pendant tout leur Voyage, un
» mouvement uniforme, ou que du moins ſon mouvement n'a-
» voit été ſujet qu'aux variations très-petites qu'on ne pourra
» ſans doute jamais éviter dans les Horloges Marines les plus
» parfaites, variations telles que les Horloges Aſtronomiques
» même en éprouvent à terre.

» Les variations du retard journalier de l'Horloge, N°. 6, Examen de la marche du N°. 6.
» ainſi que nous l'avons annoncé, ne paroiſſent avoir ſuivi aucune
» loi déterminée : dans les ſix premiers mois de l'Epreuve, de-
» puis le 7 Décembre 1768, juſqu'au 10 de Juin 1769, il a

(*a*) J'en ai rendu compte dans mon *Traité des Horloges Marines*, ainſi que des moyens que j'ai mis en uſage pour que cet effet n'eût plus lieu dans la ſuite. (N°. 900 & ſuiv. N°. 926 & ſuiv.)

» tantôt augmenté & tantôt diminué de quantités peu conſidé-
» rables, comme on peut le voir ci-deſſus dans le Tableau de
» ſes mouvemens journaliers : mais, dans l'intervalle de 45 jours,
» du 10 Juin au 25 Juillet, ſon retard journalier avoit augmenté
» de 4 ſecodnes $\frac{84}{100}$: du 21 Août au 4 Octobre, il s'accrut
» encore de 11 ſecondes en 44 jours, & ſe ſoutint au même ter-
» me juſqu'à la fin de l'Epreuve.

De la préciſion à laquelle les deux Horloges ont donné les Longitudes à la fin de chaque période, en calculant d'après le mouvement journalier établi au commencement de la période.

» L'examen des changemens ſurvenus dans le mouvement
» d'une Horloge Marine ne ſuffiroit pas pour apprécier la régula-
» rité de cette Machine ; car il eſt très-poſſible qu'une Horloge
» ait la même accélération ou le même retard journalier, par
» rapport au moyen mouvement du Soleil, au commencement &
» à la fin d'une certaine période de temps, & que cependant cette
» Horloge ait eu, dans l'intervalle, des écarts accidentels,
» dont la ſomme, s'ils ſont tous dans le même ſens, ou la diffé-
» rence, s'ils ſont en ſens contraires, peuvent produire à la fin
» de la période, une erreur conſidérable dans la Longitude que
» l'Horloge aſſigne quand on vient à l'atterage : il eſt donc né-
» ceſſaire de comparer les Longitudes données par l'Horloge, à
» des termes fixes, tels que les Longitudes des Ports où
» l'on aborde, quand elles ont été déterminées par des ob-
» ſervations Aſtronomiques. Si l'erreur de la Longitude, donnée
» par l'Horloge Marine, eſt d'accord avec celle qui doit réſul-
» ter du changement qui eſt ſurvenu dans ſon mouvement jour-
» nalier ; on eſt bien fondé à conclure que ce changement a été
» progreſſif, & que la juſteſſe de la détermination de Longitude
» par l'Horloge, n'eſt point l'effet d'une compenſation d'erreurs.

» En examinant la régularité de l'Horloge, N°. 8, ſous ce
» point de vue, nous avons eu les réſultats ſuivans.

Horloge N°. 8.

» L'erreur de l'Horloge, ſur la Longitude de l'Iſle d'Aix,
» après 15 *jours*, étoit d'un *trentieme de degré* ; d'un *quart* de de-
» gré, à Cadix, après 45 *jours* ; d'un *trentieme*, à Sainte Croix de
» Ténériffe, après 23 *jours* : d'un *ſeptieme*, à Gorée, après 34
» *jours* ; d'un *cinquieme*, à la Praya (dans l'Iſle de Sant-Yago,
» une de celles du Cap-Verd) après 40 *jours* ; d'un *quinzieme*,
» à Saint Pierre de la Martinique, après 19 *jours* ; d'un *dixieme*,

» au Fort-Royal de la Martinique, après 23 *jours*; d'un *ſoixan-*
» *tieme*, au Cap-François de Saint-Domingue, après 16 *jours*;
» d'un *ſixieme*, à Angra (dans l'Iſle de Tercere, une des Açores)
» après 45 *jours*; d'un *quinzieme*, à Sainte Croix de Ténériffe,
» (au retour) après 18 *jours*: d'un *huitieme*, à Cadix, après 44
» *jours*: d'un *dixieme*, à l'Iſle d'Aix, après 22 *jours*.

» On voit donc que, dans aucun cas, l'accroiſſement progreſ-
» ſif du retard journalier de l'Horloge, N°. 8, n'a produit une
» erreur de plus d'*un quart de degré*, après *ſix ſemaines*, ſur les
» Longitudes qu'elle a aſſignées, & que ſouvent l'erreur a été
» beaucoup moindre; c'eſt-à-dire, que dans le cas le plus déſavan-
» tageux, elle a encore donné la Longitude à une préciſion *dou-*
» *ble*, de la plus grande préciſion qu'on ait cru pouvoir jamais
» attendre des méthodes quelconque, propres à déterminer les
» Longitudes en Mer.

» Si l'on veut d'ailleurs comparer les erreurs qui devoient ré-
» ſulter, à la fin de chaque période, de l'accroiſſement progreſ-
» ſif du retard journalier de l'Horloge, aux erreurs effectives des
» Longitudes, données par cette même Horloge, on reconnoî-
» tra que ces erreurs ſont d'accord, & conſéquemment que la
» juſteſſe des déterminations n'eſt point dûe à des compenſations
» d'erreurs.

» L'exactitude de l'Horloge, N°. 6, a rarement cédé à celle
» du N°. 8, pendant les ſix premiers mois de l'Épreuve; mais
» dans les derniers, elle s'eſt écartée de ſa premiere juſteſſe: ſon
» erreur a été de près *d'un quart* de degré, au Fort-Royal, après
» 23 jours, & d'un *cinquieme*, après 16 jours, au Cap-François:
» elle a été de *cinq ſixiemes* de degré, à Cadix, après 44 jours.
» Telles ſont ſes plus grandes erreurs: dans les autres occaſions,
» la juſteſſe de ſes déterminations ne s'eſt pas éloignée de celle
» de l'Horloge, N°. 8.

Horloge N°. 6.

» La préciſion de la méthode que nous venons d'employer
» pour apprécier la régularité de chaque Horloge Marine, tient,
» comme on peut le voir, à la préciſion avec laquelle les Longi-
» tudes des Ports, où l'on vérifie les Horloges, ont pû être dé-
» terminées par les obſervations Aſtronomiques: ſi les Longitu-

Somme des erreurs de chaque Horloge dans l'intervalle du départ d'un Port au retour dans un même Port.

» des qu'on eſt obligé de prendre pour termes de comparaiſons ; » ne ſont pas exactes ; on court riſque, ou d'attribuer à l'Hor- » loge plus de régularité qu'elle n'en a eu, ou de lui imputer » une erreur qui n'eſt pas à elle. Pour éviter cette incertitude & » aſſurer encore plus nos réſultats, nous avons relâché, en re- » venant, dans les mêmes Ports où nous avions fait nos pre- » mieres obſervations, & nous y avons comparé le temps qu'y » marquoit chaque Horloge, à notre retour, à celui qu'elle » y marquoit quand nous en étions partis : nous avons eu égard » dans le calcul aux vérifications du mouvement de chaque Hor- » loge, que nous avions faites dans l'intervalle du départ au » retour dans un même Port.

Horloge N°. 8. » De Sainte-Croix à Sainte-Croix, la ſomme des erreurs de » l'Horloge, N°. 8, réduite en partie de l'Equateur, étoit d'un » peu plus de *deux tiers de degré*, après 144 *jours*.

» De Cadix à Cadix, la ſomme des erreurs étoit d'un peu » moins de *deux tiers de degré*, après 214 *jours*.

» De l'Iſle d'Aix à l'Iſle d'Aix, la ſomme des erreurs étoit de » de *trois quarts de degré*, après 287 *jours*.

Horloge N°. 6. » La ſomme des erreurs de l'Horloge, N°. 6, de Sainte- » Croix à Sainte-Croix, étoit de *deux tiers de degré*, après » 144 *jours*.

» De Cadix à Cadix, la ſomme des erreurs étoit d'un peu » plus d'*un degré un tiers*, après 214 *jours*.

» De l'Iſle d'Aix à l'Iſle d'Aix, la ſomme des erreurs étoit » de *un degré, deux tiers*, après 287 *jours*.

De la préciſion à laquelle les deux Horloges ont donné les Longitudes, à la fin des différentes périodes, en employant dans le calcul, des mouvemens *moyens* entre ceux qu'elles avoient eus au commencement & à la *fin* de la période.

» L'uſage que nous nous propoſions de faire des Horloges Ma- » rines, pour déterminer les Longitudes de pluſieurs Ports où » nous avions abordé, & qui n'avoient pas encore été fixées par « des obſervations Aſtronomiques, nous engagea à examiner la » régularité des Horloges, & particuliérement du N°. 8, ſous un » point de vue différent des trois premiers : nous avons cher- » ché à quelle préciſion ces Machines donneroient les différences » des Méridiens, entre deux Ports, dont les Longitudes étoient » connues, ſi nous calculions pour l'intervalle écoulé entre les vé- » rifications de l'Horloge, faites dans chacun des deux Ports,

» d'après

» d'après un mouvement journalier *moyen* entre les deux que » l'Horloge avoit eus dans ces Ports. La préciſion avec laquelle » l'Horloge, N°. 8, dont le mouvement étoit le plus progreſſif, a » donné les différences de Méridiens par cette méthode, doit » inſpirer la plus grande confiance pour les Longitudes de quel- » ques Ports que nous avons fixées, en calculant par le ſecours » de cette Horloge, qu'elle devoit être leur différence de » Méridiens par rapport à un autre Port dont la Longitude » avoit été bien déterminée par un grand nombre d'obſervations » Aſtronomiques. Pour juger de l'exactitude qu'on peut attendre » de cette méthode, voyons à quelle préciſion l'Horloge N°. 8, » a donné des différences de Méridiens qu'on connoiſſoit d'ail- » leurs.

» L'erreur ſur la différence des Méridiens de Rochefort & de » l'Iſle d'Aix, après 42 jours, étoit de 3 *minutes de degré :* ſur » la différence des Méridiens de l'Iſle d'Aix & de Cadix, après » 45 jours, *onze minutes* : ſur la différence des Méridiens de Cadix »& de Sainte-Croix, après 26 jours, *trois minutes* : ſur la diffé- » rence des Méridiens de Cadix & du Fort-Royal, après 68 » jours, 1 *minute* : ſur la différence des Méridiens du Fort-Royal » & de Rochefort, après 155 jours, *huit minutes* : ſur la différence » des Méridiens du Cap-François & du Fort-Royal, après 16 » jours, *un tiers de minute* : ſur la différence des Méridiens du » Cap-François & de Cadix, après 87 jours, *deux minutes* » *deux tiers* : ſur la différence des Méridiens du Cap-François & » de Rochefort, après 171 jours, *huit minutes* : ſur la différence » des Méridiens du Cap-François & de Sainte-Croix, après » 69 jours, *treize minutes un tiers* : ſur la différence des Méridiens » de Sainte-Croix & de Cadix, après 44 jours, *onze minutes* : ſur » la différence des Méridiens de Cadix & l'Iſle d'Aix, après 22 » jours, *une minute.*

» Les erreurs de l'Horloge N°. 6, n'ont pas été plus conſi- » dérables ; mais dans deux ou trois occaſions, ſon exactitude » a été dûe à la compenſation qui s'eſt faite de quelques peti- » tes erreurs qui ſe trouvoient en ſens contraires.

» En employant de même des mouvemens moyens, pour les

» intervalles écoulés entre le départ d'un port & le retour » dans le même port, nous avons cherché ſi les Horloges » Marines nous ont donné la même différence de Méridiens » entre le Cap-François & Sainte Croix de Ténériffe, au re- » tour, qu'elles nous avoient donnée, en allant, entre Sainte- » Croix & le Cap; la même différence entre le Cap & Cadix, » qu'elles avoient donnée entre Cadix & le Cap; la même » entre le Cap & l'Iſle d'Aix, que nous avions eue entre » l'Iſle d'Aix & le Cap.

» Sous ce nouveau point de vue, l'erreur de l'Horloge N°. » 8, à Sainte-Croix, étoit après 144 jours, d'*un vingtieme* de » degré: celle du N°. 6, n'étoit que d'*un ſoixantieme*. A Cadix, » après 214 *jours*, l'erreur du N°. 8, étoit d'*un douzieme* de » degré; celle du N°. 6, d'*un tiers*. A l'Iſle d'Aix, après 287 » *jours*, l'erreur du N°. 8, étoit d'*un huitieme* de degré.; celle » du N°. 6, d'*un quart*.

» Les compenſations d'erreurs qui ont eu lieu dans ces » longs intervalles, ſont infiniment petites pour l'Horloge » N°. 8, & n'influent pas ſenſiblement ſur la juſteſſe d'aucune » des déterminations: les compenſations ont été un peu plus » conſidérables pour l'Horloge N°. 6.

Ces Horloges ont été fort utiles pour corriger les Cartes Marines.

» L'exactitude merveilleuſe avec laquelle les Horloges Mari- » nes de M. Berthoud, & particuliérement l'Horloge N°. 8, » ont donné les Longitudes ſous ce dernier point de vue, an- » nonce aſſez à quel degré de préciſion nous avons pu dé- » terminer, avec ſon ſecours, les différences de Méridiens » entre des Ports dont la Longitude n'étoit pas connue, & » d'autres Ports dont la Longitude étoit déterminée. Nos dé- » terminations doivent être d'autant plus exactes, que l'inter- » valle entre les obſervations que nous faiſions dans deux Ports, » n'a jamais été conſidérable. Ces Horloges nous ont été de la » plus grande utilité pour perfectionner la Géographie dans » toute la partie du Globe que nous avons parcourue, entre » le 14e & le 47e degré de Latitude ſeptentrionale, entre le 2e & » le 76e degré de Longitude Occidentale du Méridien de Pa- » ris; & notamment pour fixer la poſition des Iſles du Cap

» Verd, & des Açores dont les Longitudes n'étoient pas » connues, & qui étoient très-mal placées ſur toutes les Cartes Marines. Pour donner une idée de la néceſſité de ce » travail, il ſuffira de dire qu'on trouve une différence de » *ſoixante-dix lieues* Marines entre les deux poſitions que les » deux Cartes publiées au dépôt des Plans & Journaux de la » Marine, ont données au grouppe total des Açores; & ces » deux poſitions ſont fort éloignées de la véritable : nous ne » parlons pas des erreurs particulieres ſur les poſitions reſpectives » des différentes Iſles qui compoſent le grouppe, & que nous » avons encore corrigées par le ſecours des Horloges Marines » de M. Berthoud, &c.

» A notre retour dans la Rade de l'Iſle d'Aix, nous éprou- » vâmes ſi la commotion violente que produit ſur les parties » du Navire le jeu de ſon artillerie, pouvoit altérer le mou- » vement des Horloges : pour cet effet, nous fîmes faire » conſécutivement cinq décharges ſimultanées de tous les » canons de la Frégate : l'ébranlement fut très-violent : des » ferrures de l'armoire qui renfermoit les Horloges furent » arrachées par la violence des ſecouſſes. Les Horloges Ma- » rines avoient été comparées, immédiatement avant cette ex- » périence, à une Horloge Aſtronomique qui étoit établie à » terre, & dont nous connoiſſions la marche, tant par rapport » au Soleil, que par rapport aux Horloges Marines; elles » furent comparés de nouveau après les cinq décharges; & » nous jugeâmes par l'accord des réſultats des deux comparai- » ſons, que la commotion violente que les Horloges Marines » durent éprouver, n'avoit produit aucune altération ſenſible » dans leur mouvement.

Épreuve de l'effet de l'Artillerie : la commotion n'a eu aucun effet ſenſible ſur le mouvement des Horloges.

» *Nous ſouſſigné, Officier des Vaiſſeaux du Roi, Commandant* » *en* 1768 *&* 1769, *la Frégate du Roi l'*Iſis, *& chargé par Sa* » *Majeſté de faire ſur ce Bâtiment l'épreuve des Horloges Mari-* » *rines N°.* 8 *&* N°. 6 *de M. Ferdinand Berthoud, Horloger* » *Méchanicien du Roi & de la Marine, & Membre de la Société* » *Royale de Londres, conjointement avec M. Pingré, Aſtronome* » *Géographe de la Marine, & de l'Académie Royale des Sciences,*

» *déclarons & certifions que tous les Réſultats concernant l'une &* » *l'autre Horloge, contenus au préſent Extrait, que nous avons fait* » *à la requiſition de M. Berthoud, & dont lui avons délivré une* » *Copie, ſont conformes en tous points aux Réſultats qui ſont conſignés* » *dans la Relation de notre Voyage, dont l'impreſſion ſera inceſſam-* » *ment terminée à l'Imprimerie Royale. En foi de quoi nous avons* » *ſigné le préſent Extrait & la préſente Déclaration. Fait à Paris* » *ce treizieme jour du mois d'Octobre de l'année mil ſept cent ſoi-* » *xante treize.*

Paraphé à chaque page, & ſigné à l'original :

» D'EVEUX DE FLEURIEU.

Au retour de la campagne faite par M. de Fleurieu, je fis de nouvelles expériences en mon particulier avec les Horloges N°. 8 & N°. 6, qui avoient été éprouvées dans ce Voyage ; & en comparant ces expériences avec les réſultats de l'Epreuve, je reconnus les cauſes auxquelles je devois attribuer le retard progreſſif du N°. 8, & les variations du N°. 6 : je m'occupai, autant que mon temps put me le permettre, à faire à ces deux Machines, les corrections que mes expériences m'avoient indiquées. J'en ai rendu compte dans mon Traité des Horloges Marines. (N°. 716, 734, 744, 756, 900, 926 & ſuiv.)

Voyage fait aux Indes Orientales avec mon Horloge N°. 6.

En 1770, je livrai mon Horloge N°. 6, à M. l'Abbé de Rochon, Aſtronome de la Marine & de l'Académie des Sciences, pour en faire uſage dans un Voyage qu'il alloit faire aux Indes Orientales : le réſultat de ſes opérations ne m'a pas encore été communiqué ; mais voici ce qu'il me faiſoit l'honneur de m'écrire au ſujet de cette Horloge (de l'Iſle de France le 27 Novembre 1771.)

» J'attendois, Monſieur, avec empreſſement le Vaiſſeau » *le Bruni*, eſpérant recevoir par ce Bâtiment les Tables des » variations de votre Horloge Marine, ſelon les divers degrés » du Thermometre. J'ai, pendant tout le Voyage de France » à l'Iſle de France, obſervé journellement l'heure vraie : & » toutes mes Obſervations ſont conſignées dans un Regiſtre coté » & paraphé ; de ſorte que ce travail eſt auſſi en regle qu'il

» ſe puiſſe. Je vous en enverrai une Copie par les premiers » Vaiſſeaux qui partiront pour France. J'ai vu avec une vraie » ſatisfaction que la marche de cette Horloge eſt infiniment plus » réguliere que je ne pouvois l'imaginer; & quelque prévenu » que je fuſſe ſur ſa perfection, je puis certifier qu'elle eſt en- » core beaucoup au-deſſus de l'idée que je m'en étois formée. » J'ai fait auſſi un très grand nombre d'obſervations Aſtrono- » miques pour la détermination des Longitudes; j'ai même eu » preſque tous les jours des obſervations de Longitude: de » ces diverſes obſervations, il réſultera, je me flatte, des » connoiſſances utiles au progrès de la Navigation. J'ai l'hon- » neur d'être, &c.

Signé, l'Abbé DE ROCHON.

Epreuve des Montres A *&* S *de M. L. R. ſur la Frégate* la Flore, *commandée par M. de Verdun de la Crenne, Lieutenant des Vaiſſeaux du Roi, ſur laquelle mon Horloge* N°. 8 *avoit été embarquée par ordre du Roi, en* 1771 *&* 1772.

Des différentes Montres, Horloges ou Pendules Marines embarquées ſur la *Flore*.

M. L. R. avoit ſoumis trois Montres à l'Epreuve & au concours pour le prix que l'Académie des Sciences avoit propoſée pour l'année 1773. En livrant mon Horloge N°. 8 qui devoit être embarquée ſur la Flore, je déclarai que mon intention n'étoit point de concourir pour le Prix, & que je ne la donnois qu'en conſéquence des ordres de Sa Majeſté.

Indépendamment des Montres *A* & *S* de M. L. R. & de mon Horloge N°. 8, deux autres Artiſtes, les ſeuls concurrens de M. L. R. avoient ſoumis à l'examen, l'un une Montre, l'autre une Pendule Marine: mais dans le Rapport qui fut lu à la rentrée publique de l'Académie, le 21 Avril 1773, par M. Pingré l'un de MM. les Commiſſaires, il eſt dit ſeulement, en parlant de la Pendule, que les premiers roulis qu'on éprouva, détacherent l'écrou d'une vis imaginée par l'Auteur pour

ſervir de ſoutien à la Machine qui étoit fort peſante ; qu'elle tomba & ſe briſa. Il eſt dit de la Montre, qu'elle étoit très-ingénieuſement ſuſpendue, mais que ſon iſochroniſme n'a pas pleinement ſatisfait, & que ſes variations paroiſſoient avoir beaucoup de rapport avec celles de la température de l'air : c'eſt tout ce que nous ſavons de ces deux Machines.

Comme le Rapport qui fut lu dans l'aſſemblé publique de l'Académie a été imprimé dans le *Journal de Phyſique* (Juillet 1773) ; j'y renvoie le Lecteur pour les détails de la Navigation, & les diverſes circonſtances de l'Epreuve.

Des trois Montres que M. L. R. avoient ſoumiſes au concours, une n'avoit été donnée que comme un eſſai (eſt-il dit dans le Rapport) : l'Auteur avoit déclaré par écrit, qu'il n'en attendoit pas le même ſuccès que des deux autres. Il n'eſt pas fait une mention plus détaillée de cette Montre dans le Rapport qui fut lu à la ſéance publique & qui eſt imprimé ; mais il en avoit été lu un autre beaucoup plus circonſtancié dans une ſéance particuliere : je demandai qu'on m'en laiſſât prendre copie, parce que je me propoſois de la faire imprimer à la ſuite de mon *Traité des Horloges Marines*, pour réunir dans un même Tableau tout ce qui concernoit les différentes Epreuves de mes Horloges ; & je l'aurois fait, ſi je n'euſſe craint de rendre trop conſidérable un Ouvrage qui, tel qu'il eſt, a déja paru trop volumineux à des perſonnes qui veulent que tout ſoit réduit en *Expoſé ſuccinct*, en *Précis*, &c. on lit ce qui ſuit dans le Rapport détaillé qui fut lu dans une ſéance particuliere de l'Académie. » M. L. R. avoit ajouté une » troiſieme Montre, en nous avertiſſant par un écrit dont » copie fut inſérée dans nos Regiſtres, que cette Montre n'é- » toit qu'un eſſai duquel il étoit fort éloigné d'attendre le mê- » me ſuccès que des deux autres. Les doutes de M. L. R. ſur » la bonté de cette Montre étoient bien fondés. En effet, cette » Montre *retardoit* à Breſt, par jour, ſur le temps moyen de » $\frac{81}{100}$ de ſeconde : à Cadix, elle *avançoit* de 5 ſecondes $\frac{4}{100}$: » à Ténériffe, ſon avancement journalier fut de 10 ſecondes » $\frac{46}{100}$. Elle fut trouvée arrêtée le 13 Janvier (1772) ; remiſe

» en mouvement, elle s'arrêta de nouveau, les 20, 26 & 29 » du même mois. Nous la jugeâmes ſuffiſamment éprouvée: » nous ceſſâmes de la remonter «.

Les deux autres Montres que M. L. R. avoit ſoumiſes à l'examen, étoient les mêmes Montres *A* & *S* qui avoient déja été éprouvées en 1767, ſur l'*Aurore*, & ſur l'*Enjouée* en 1768.

Mon Horloge N°. 8, étoit auſſi une de celles qui avoient été éprouvées ſur l'*Iſis*, en 1768 & 1769.

M. L. R. nous a donné dans ſon *Précis* les Réſultats concernant ſes Montres *A* & *S*, tels qu'ils lui ont été communiqués par M. Pingré (page 49 du *Précis*): M. le Chevalier de Borda, Lieutenant des Vaiſſeaux du Roi, des Académies Royale des Sciences & de la Marine, & l'un des Commiſſaires de l'Epreuve, m'avoit pareillement communiqué les Réſultats concernant mon Horloge N°. 8, tels que je les ai fait imprimer dans mon *Traité des Horloges Marines* (page 518). Quand le Journal des Obſervations de MM. de Verdun, de Borda & Pingré aura été publié, on ſera plus à portée de ſuivre dans tous les détails la marche de chaque Horloge en particulier, & d'apprécier leur régularité: nous ſommes obligés, pour le préſent, de nous borner à comparer les réſultats qui nous ont été communiqués, & à mettre cette comparaiſon ſous les yeux du Public.

Marche de la Montre A *de M. L. R. conſtatée par différentes vérifications.* (page 49 du Précis.)

Marche de la Montre *A* de M. L. R.

	Secondes.
A Breſt, du 10 au 26 Octobre 1771 .....*retarde* en 24 heures	$2,\frac{14}{100}$.
A Cadix, du 21 Nov. au 1er Décembre .....*retarde*.....	1,00.
A Ste. Croix, du 24 Déc. au 3 Janv. 1772. *avance*.....	0,44.
A Gorée du 16 au 25 Janvier .....*avance*.....	1,44.
Au Fort-Royal, du 17 au 26 Janvier.....*avance*.....	2,66.
Au Fort-Royal, du 12 au 16 Mars.....*avance*.....	4,19.

Accident arrivé à la Montre *A* de M. L. R.

L'Epreuve de la Montre *A* fut terminée le 17 Mars par un accident qu'on ne pouvoit prévoir : on avoit été obligé de virer la Frégate en quille pour réparer le dommage qu'elle avoit reçu en touchant ſur la Roche de Willingthon près l'Iſle d'Antigue : les Montres & Horloges Marines furent tirées de l'armoire où elles avoient été établies ; on les ſuſpendit dans la grand'chambre à un grelin qui portoit tout à la fois les Montres *A* & *S* de M. L. R. & mon Horloge Marine : deux caiſſons de la chambre ſe détacherent du bord, pendant que la Frégate étoit ſur le côté, & heurterent dans leur courſe les caiſſes des Montres de M. L. R. Le coup (dit le Rapport imprimé) porta principalement ſur la Montre *A* & en partie ſur la Montre *S*. Un des Thermometres de compenſation de la Montre *A* fut briſé par le choc ; la Montre en fut entiérement dérangée : nous verrons ce qui réſulta pour la Montre *S* du coup qu'elle avoit reçu. Mon Horloge N°. 8, ne ſe rencontra pas ſur la route des caiſſons.

Degré de préciſion auquel la Montre *A* avoit donné les Longitudes avant l'accident.

Il eſt dit, dans le Rapport imprimé (*a*), que d'après les mouvemens journaliers de la Montre *A*, *il eſt facile de conclure que cette Montre avoit donné les Longitudes dans une préciſion plus grande que celle d'un demi-degré en ſix ſemaines ou même en deux mois.*

Les limites qu'on s'étoit preſcrites dans un Rapport qui devoit être lu dans une ſéance publique, n'ont pas permis, ſans doute, d'entrer dans tous les détails qui concernoient la Montre *A* ; mais dans le Rapport circonſtancié qui fut lu dans une ſéance particuliere de l'Académie, il étoit fait mention d'un fait qui mérite d'être mis ſous les yeux du Public. Après avoir apprécié, comme on vient de le voir, la régularité de la Montre *A*, il étoit dit : » Dans les calculs précé-» dens, nous avons eu égard à une irrégularité ſinguliere que » nous avions remarquée dans la marche de la Montre *A*, le » 12 Novembre 1771. Cette Montre retardoit alors de 2 ou » 3 ſecondes, par jour, ſur l'Horloge N°. 8, & d'une demi-

Écart ſubit d'environ 1 minute (de temps) en 24 heures, obſervé dans la Montre *A*.

(*a*) Journal *de Phyſique*, &c. Juillet 1773, *page* 6.

» ſeconde

» ſeconde à 1 ſeconde ſur la Montre *S*. Mais, du 11 au 12, » nous trouvâmes qu'elle avoit retardé de 1 minute 2″ ½ ſur » le N°. 8, & de 1 minute 0″ ½ ſur la Montre *S*, c'eſt-à-dire, » *une minute* préciſément *de trop* qu'elle n'auroit dû le faire, » en ſuivant la marche des jours précédens, ainſi que des jours » ſuivans. Les vents avoient ſoufflé grand frais du 11 au 12, » & la mer avoit été très-groſſe : nous ſuppoſâmes que *la roue* » *des minutes, qui eſt de 60 dents, n'étant pas aſſez parfaitement* » *travaillée, le Bâtiment avoit donné une ſecouſſe à la Montre,* » *préciſément lorſqu'une dent de cette roue alloit échapper, &* » *avoit fait reculer cette dent en arriere.* Quoi qu'il en ſoit de » notre explication, nous avons cru pouvoir, ſans trop favo- » riſer l'Artiſte, retrancher dans nos Réſultats une minute de » l'heure que la Montre *A* marquoit à Breſt ».

On me permettra ſans doute de faire quelques remarques ſur l'explication qu'on donne ici : *anchè io ſon' pittore.* Si cette explication pouvoit être admiſe ; il n'y auroit plus aucune ſûreté, ni dans les Horloges Aſtronomiques, ni dans les Pendules ordinaires, ni dans les Montres de poche, ni dans aucunes Machines propres à meſurer le Temps, dans leſquelles on emploie les roues dentées : mais on doit être raſſuré ; il eſt phyſiquement impoſſible que, par quelque ſecouſſe que ce ſoit, une roue, preſſée par la force motrice, puiſſe jamais rétrograder, dans quelque moment que la ſecouſſe ait lieu ; puiſqu'il faudroit ſuppoſer que la ſecouſſe eſt capable de vaincre l'action immédiate de la force motrice, de la faire elle-même rétrograder, auquel cas encore l'Echappement s'oppoſeroit à la rétrogradation de la roue : ſi d'ailleurs une Machine deſtinée à meſurer le Temps pouvoit être ſujette à de pareils accidents, il faudroit bien ſe garder d'en faire uſage, ſur-tout pour la Navigation. Je n'inſiſte pas ſur cette vérité ; mais il me paroît qu'on a traité bien légérement un accident qui méritoit ſans doute plus d'attention. Si l'on n'avoit eu qu'une Montre à laquelle on pût comparer la Montre *A*, on auroit bien reconnu qu'il y avoit eu en 24 heures un écart bruſque d'une minute dans le mouvement réciproque des deux Mon-

tres ; mais auroit-on été autoriſé à l'attribuer à l'une plutôt qu'à l'autre ? Eſt-on bien aſſuré d'ailleurs qu'il y ait eu préciſément *une minute* de différence ? Il faudroit ſuppoſer, pour cela, que la Montre *S* & l'Horloge N°. 8, ont eu un mouvement parfaitement uniforme, & qu'on peut les regarder comme des termes fixes de comparaiſon : car une demi-ſeconde ſeulement de plus ou de moins devoit faire rejetter l'explication qu'on vouloit donner, quand même l'impoſſibilité phyſique de la *rétrogradation* ne ſeroit pas démontrée. Tout ce qu'on peut conclure de l'obſervation qu'on a faite, c'eſt que la Montre *A* a eu, dans 24 heures, un *écart ſubit en retard d'environ* 1 *minute*; & il paroîtra ſans doute à tout le monde, que c'eſt trop favoriſer l'Artiſte dans les calculs, que de regarder comme non-avenue cette *minute* d'écart, qui équivaut cependant à *un quart de degré* d'erreur ſur la Longitude.

Marche de la Montre *S* de M. L. R. pendant la durée de l'Épreuve.

Marche de la Montre S *de M. L. R. conſtatée à différentes époques de l'Epreuve.* (Page 49 du *Précis.*)

	Secondes.
A Breſt, du 10 au 26 Octobre 1771. *Accélération par jour*	1, $\frac{42}{100}$.
A Cadix, du 21 Novembre au premier Décembre	1,38.
A Sainte-Croix, du 24 Décembre au 3 Janvier 1772	2,63.
A Gorée, du 16 au 25 Janvier	1,67.
Au Fort-Royal, du 17 au 26 Février	0,66.
Au Fort-Royal, du 12 au 16 Mars	1,12.
Au Fort-Royal, du 28 Mars au 7 Avril	1,09.
Au Cap François, du 18 au 30 Avril	2,24.
A Saint-Pierre (de Miquelon), du 30 Mai au 4 Juin	9,00.
A Patrixfiord, du 10 au 18 Juillet	8,22.
A Copenhague, du 20 Août au 4 Septembre	7,01.
A Breſt, du 10 au 17 Octobre	8,07.

Marche de mon Horloge N°. 8, conſtatée à différentes époques de l'Epreuve. (Traité des Horloges Marines, *page* 518).

Marche de mon Horloge N°. 8, pendant la durée de l'Épreuve.

		Secondes.
A Breſt, du 10 au 26 Octobre 1771,	accélere par jour	1,$\frac{10}{100}$.
A Cadix, du 21 Novembre au 1er Décembre	accélere	0,50.
A Ste. Croix, du 24 Décembre au 3 Janvier 1772	accélere	0,19.
A Gorée, du 16 au 25 Janvier	accélere	1,46.
Au Fort-Royal, du 17 au 26 Février	accélere	1,11.
Au Fort-Royal, du 28 Mars au 7 Août	accélere	0,50.
Au Cap François, du 18 au 30 Avril	retarde	0,63.
A S. Pierre (de Miquelon), du 30 Mai au 4 Juin	retarde	3,00.
A Patrixfiord, du 10 au 18 Juillet	retarde	4,72.
A Copenhague, du 20 Août au 4 Septembre	accélere	0,51.
A Breſt, du 10 au 17 Octobre	accélere	0,04.

Telle eſt la marche de la Montre *S* de M. L. R.: telle eſt celle de mon Horloge N°. 8, dans les différentes vérifications qui ont été faites de ces deux Machines.

M. L. R. n'a pas donné les réſultats des déterminations de Longitude obtenues par ſa Montre *S*.

Mais, comme on le ſait, il ne ſuffit pas d'avoir conſidéré les Horloges Marines ſous ce point de vue, pour être en état d'apprécier leur régularité, puiſque le mouvement journalier d'une Horloge peut ſe trouver le même après un certain temps, quoique, dans l'intervalle de deux vérifications, elle ait eu des écarts accidentels capables de produire une erreur plus ou moins grande ſur la Longitude, à la fin d'une période, ſelon que ces écarts on été dans le même ſens ou en ſens contraires les uns des autres: il eſt donc néceſſaire de comparer les Longitudes que les Horloges ont aſſignées, à différentes époques, dans les Ports où l'on a fait les vérifications, aux Longitudes de ces mêmes Ports quand elles ont été déterminées d'ailleurs par des obſervations Aſtronomiques. M. L. R. ne nous a pas fourni le moyen d'apprécier ſa Montre ſous ce

point de vue : je vais donner les réſultats des obſervations qui ont été faites avec mon Horloge N°. 8, tels qu'ils m'ont été communiqués par M. le Chevalier de Borda, & qu'on les trouve dans mon *Traité des Horloges Marines* (page 519).

De la préciſion à laquelle mon Horloge N°. 8 a donné les Longitudes dans le cours de l'Epreuve.	*Lieux où ont été faites les vérifications.*	*Longitudes que l'on croit vraies.*	*Longitudes ſelon l'Horl. n°. 8.*	*Différence.*
	Cadix.....	8d 36′ 00″ (a) Occid.	.. 8d 34′ 36″	...0d 01′ 24″
	Ste. Croix de Ténériffe.	18.35.00.... Occid.	..18.29.09	....0.05.51.
	Gorée.....	19.46.00.... Occid.	..19.46.56	....0.00.56.
	La Praya.....	25.53.00.... Occid.	..25.52.18	....0.00.42.
	Fort-Royal.....	63.33.00.... Occid.	..63.26.16	....0.06.44.
	Fort-Royal (*iterùm*)...	63.33.00.... Occid.	..63.31.16	....0.01.44.
	Cap-François.....	74.39.00.... Occid.	..74.37.37	....0.01.23.
	S. Pierre (Miquelon)		..58.29.30	.....
	Patrix-Fiord.....	26.15.00.... Occid.	..26.07.03	....0.07.57.
	Copenhague.....	10.15.00.... Orient.	.. 9.51.34	....0.23.26.
	Dunkerque.....	0.02.30.... Orient.	.. 0.09.53	....0.07.23.
	Breſt.....	6.50.45.... Occid.	.. 6.44.22	....0.06.23.

On voit par cette Table que, dans deux occaſions, mon Horloge N°. 8 a donné la Longitude à une préciſion au-deſſus de *un ſoixantieme de degré*, c'eſt-à-dire, *d'un tiers de lieue* même ſous l'Equateur (*) : dans deux autres occaſions, ſon erreur n'a pas été de *un trentieme de degré* ou *deux tiers de lieue* : cinq fois, la préciſion a été entre *un neuvieme*, *un huitieme* ou *un ſeptieme de degré*; c'eſt-à-dire, entre *deux & trois lieues* :

(a) Dans la Table de M. le Chevalier de Borda, la Longitude vraie de Cadix eſt de 8 degr. 38′, telle qu'elle a été déterminée par M. Pingré, d'après les Éclipſes de Soleil du 31 Mai 1764, & du 3 Juin 1769; mais d'après les mêmes obſervations, M. du Séjour la fixe à 8 d. 34′. Nous avons pris un milieu entre ces deux déterminations, & nous marquons la Longitude de Cadix, de 8 d. 36′. Celle de M. du Séjour ſeroit plus favorable à l'Horloge N°. 8.

(*) L'erreur, comme on le ſait, ſeroit encore moindre ſur les autres paralleles, & plus petite à proportion qu'on s'approche de l'un ou de l'autre pôle.

une ſeule fois, l'erreur a été d'un peu plus d'*un tiers de degré* ou de *huit lieues*. En examinant les rapports qu'il y a entre les petites variations du mouvement journalier, & les erreurs ſur les Longitudes, on peut s'aſſurer que la préciſion avec laquelle mon Horloge N°. 8, a donné les Longitudes n'eſt pas dûe à des compenſations d'erreurs.

Examen des mouvemens journaliers de mon Horloge N°. 8.

On a vu, par la Table des mouvemens journaliers de mon Horloge, vérifiés à différentes époques, que, depuis le 10 Octobre 1771 juſqu'au 28 Mars 1772, c'eſt-à-dire, pendant près de ſix mois, l'accélération journaliere du mouvement de l'Horloge ſur le moyen mouvement du Soleil, n'a pas varié *d'une ſeconde*, dans l'intervalle de deux vérifications, excepté à Gorée, où elle avoit avancé d'une ſeconde $\frac{1}{4}$ par rapport au mouvement qu'elle avoit à ſainte Croix: on ſait qu'une Horloge Marine qui auroit un écart de 2 ſecondes $\frac{5}{7}$ par jour, donneroit encore la Longitude à la préciſion du demi-degré après ſix ſemaines. » Cette Horloge cependant (eſt-il dit dans le » Rapport imprimé (*a*)) avoit ſubi comme les autres Montres » Marines (ſoumiſes à l'examen) l'Epreuve de la Roche » de Willingthon (ſur laquelle la Frégate avoit touché) & » celle du redreſſement de la Frégate les 6 & 26 Mars. Depuis » le 6 Mars, elle parut retarder progreſſivement: en Iſlande, » ſon retard journalier fut obſervé de 4 ſecondes $\frac{71}{100}$: un mois » & demi après, à Copenhague, elle ne retardoit plus; elle » avançoit au contraire de $\frac{1}{5}$ de ſeconde. Telle a été ſa plus » forte irrégularité; & dans ce temps même, elle nous donnoit » nos Longitudes mieux que dans la préciſion d'un demi-de- » gré après ſix ſemaines».

Examen des mouvemens journaliers de la Montre *S* de M. L. R.

La Montre *S* de M. L. R. n'a pas été moins réguliere que mon Horloge N°. 8, juſqu'au mois de Mai, à n'en juger que par ſes mouvemens journaliers, qui ſont les ſeules *données* d'après leſquelles on puiſſe apprécier ſa régularité: la plus grande inégalité de ſon mouvement, d'une vérification à la ſuivante, n'a été que de 1 ſeconde $\frac{1}{4}$. Voici ce qui a été dit.

(*a*) *Journal de Phyſique*, Juillet 1773, *page* 10.

au ſujet de cette Montre dans le Rapport imprimé (*a*).

» La Montre *S* nous avoit encore plus ſatisfait que la Mon» tre *A*, juſques à l'accident du 17 Mars (la chûte des caiſ» ſons). *Les irrégularités obſervées pendant les dix ou douze jours* » *ſuivans prouvent que la ſecouſſe avoit occaſionné quelque chan*» *gement dans le Régulateur : la Montre parut reprendre enſuite* » *ſon ancienne marche & la conſerver ſenſiblement juſqu'à la fin* » *d'Avril.* Dans cet intervalle de plus de ſix mois, nous » avions déterminé nos Longitudes par les mouvemens de la » Montre *S*, mieux que dans la préciſion d'un tiers de degré en » deux mois, ou d'un quart de degré en ſix ſemaines. L'iſo» chroniſme de cette Montre a été au moins auſſi parfait du» rant les quatre mois & demi qui ſe ſont écoulés depuis la » fin de Mai juſques vers le milieu d'Octobre. Mais *pourquoi* » *ſon accélération journaliere a-t-elle été preſque ſubitement*, vers » le milieu de Mai, de *deux ſecondes* $\frac{1}{4}$ à *neuf ſecondes* ? Nous » avons cru d'abord que cette prompte variation avoit pu » être occaſionnée par notre paſſage preſque ſubit d'une tem» pérature d'air chaude & ſeche à une température froide & » humide : la progreſſion de l'accélération de la Montre *S* » nous avoit paru avoir un rapport aſſez ſenſible avec celle de » la deſcente de la liqueur dans les Thermometres. M. L. R., » d'après la connoiſſance qu'il a du méchaniſme de ſa Montre, » penſe que la ſecouſſe du 17 Mars a pu occaſionner divers » dérangemens dans le Régulateur : les uns auront tendu à » accélérer, les autres à retarder le mouvement de la Machi» ne : ces diverſes cauſes ſe ſont contre-balancées dans le mois » d'Avril : en Mai, les cauſes du retard auront été anéanties : » celles de l'accélération auront ſubſiſté juſqu'à Breſt : tout » cela ſans doute eſt poſſible «.

L'accélération journaliere de la Montre *S*, ſe porte ſubitement de 2 ſec. $\frac{1}{4}$ à 9 ſecondes.

Sans doute, & avec de ſemblables ſuppoſitions, il n'eſt rien qu'on ne puiſſe expliquer ; mais je me permettrai de faire quelques obſervations au ſujet de cette accélération bruſque de la Montre *S* que M. L. R. veut qu'on attribue aux ſuites de l'accident du 17 Mars.

L'augmentation bruſque de l'accélération journaliere de la Montre *S*, ne peut être attribuée aux ſuites de l'accident du 17 Mars.

(*a*) *Journal de Phyſique*, Juillet 1773, *page* 10.

Je ne disconviendrai pas que la secousse qu'a reçue la Montre, le 17 Mars, n'ait pu produire quelque dérangement dans la Machine, tel que le déplacement ou le mélange des liqueurs dont sont composés les Thermometres de compensation, appliqués au Régulateur : nous voyons en effet, par le rapport qui vient d'être cité, que, pendant les onze premiers jours qui ont suivi l'accident, on a observé des *irrégularités* dans le mouvement de la Montre ; mais ces irrégularités ont bientôt cessé, car on voit dans la Table des mouvemens journaliers de la Montre, (ci-devant page 138), que le 16 Mars, *veille de l'accident*, son accélération journaliere étoit de 1 seconde $\frac{18}{100}$; & que *onze jours après l'accident*, le 28 Mars, cette accélération étoit de 1 sec. $\frac{0}{100}$; c'est-à-dire, qu'elle étoit même moindre qu'avant l'accident, de $\frac{1}{100}$ de seconde : il est donc évident que, dès le 28 Mars, les liqueurs des Thermometres s'étoient remises à leur place, puisque la Montre avoit déja repris le mouvement qu'elle avoit eu avant l'accident. Il y a plus : ce mouvement se soutient encore pendant plus d'un mois : car le 30 Avril, au Cap-François, l'accélération journaliere n'étoit encore que de 2 secondes $\frac{24}{100}$; c'est-à-dire, qu'elle ne différoit que de 1 sec. $\frac{11}{100}$ de celle qu'on avoit constatée avant l'accident : cette différence n'est pas plus grande que celle qu'on avoit observée dans les premiers mois de l'Epreuve, pendant lesquels cependant le mouvement de la Montre avoit été regardé comme régulier. On voit donc que l'effet de la secousse du 17 Mars ne s'est pas étendu au-delà des onze jours qui ont précédé le 28 ; & qu'à cette derniere époque, la Montre avoit déja repris son ancien mouvement, qu'elle a conservé sans interruption pendant un mois entier : on doit même observer que la Montre a dû éprouver dans les jours qui ont suivi l'accident, jusqu'au 30 Avril, une chaleur égale à celle qu'elle éprouvoit avant l'accident, puisque, dans tous ces intervalles, on n'a pas quitté les mers des Tropiques : ainsi on ne peut pas supposer que, du 28 Mars au 30 Avril, l'effet d'une différence dans la température de l'air, sur le mouvement de la Montre, ait pu compenser un autre effet quelconque dépendant de la secousse que la Montre avoit

reçue le 17 Mars. Remarquons encore que ce n'eſt que le 30 Mai, à Saint Pierre de Miquelon, qu'on a conſtaté que l'accélération journaliere de la Montre s'étoit portée *ſubitement à neuf ſecondes*; c'eſt-à-dire que ce n'eſt que ſoixante-trois jours après le 28 Mars, époque où la Montre avoit déja repris le mouvement qu'elle avoit eu avant l'accident, & dont un mois après le 30 Avril, elle ne s'étoit encore éloignée que de 1 ſec. $\frac{11}{100}$ en accélération. L'axiome que M. L. R. met avant dans ſon *Précis* (page 51) eſt très-vrai: *ſublatâ cauſâ tollitur effectus*; mais on peut établir avec la même vérité, qu'ici la ceſſation certaine de l'effet pendant plus de deux mois, prouve que la cauſe elle-même avoit été détruite, peu de jours après l'accident. Qu'on me permette de le dire: il n'en eſt pas d'une Montre Marine comme du corps humain: dans celui ci, une maladie peut couver long-temps, & ne ſe manifeſter que deux mois après que le principe du mal a commencé d'exiſter, l'effet peut être lent; mais, dans une Machine, telle qu'une Montre, dont toutes les parties tendent à une fonction unique, ſi quelque partie du ſyſtême éprouve la moindre altération, le dérangement influe néceſſairement ſur le dernier réſultat de toutes les opérations de la Machine: ſur le champ l'effet ſe manifeſte. Nous le voyons ici: les irrégularités obſervées pendant les onze premiers jours qui ont ſuivi l'accident du 17 Mars, ont été l'effet de la ſecouſſe, qui ſans doute a fait mêler les liqueurs des Thermometres; mais ces liqueurs s'étant bientôt remiſes à leur place, ſoit par leur tendance propre à ſe remettre en équilibre, ſoit par le mouvement centrifuge que doit leur imprimer la continuité des vibrations du Balancier, auquel les Thermometres ſont appliqués, l'effet a ceſſé dès que la cauſe a été détruite, dès que tout a été remis dans l'ordre; & l'on voit qu'onze jours après l'accident, la Montre avoit déja repris ſon premier mouvement, qui s'eſt conſervé pendant un très-long-temps, ſans altération ſenſible, quoique la température de l'air ait été la même, & qu'en conſéquence on ne puiſſe ſuppoſer aucune compenſation, produite par les différences de cette température. M. L. R. n'eſt donc nullement fondé à vouloir qu'on attribue

à

à l'accident du 17 Mars, *l'augmentation ſubite, de deux ſecondes* $\frac{1}{4}$, *à neuf ſecondes*, qu'on a obſervée, le 30 Mai, dans l'accélération journaliere de la Montre *S* ſur le moyen mouvement.

Mais ces écarts ſubits ſont-ils une choſe ſi nouvelle, & qui puiſſe tant étonner dans les Montres Marines de M. L. R.? Nous avons vu dans l'Epreuve ſur l'*Enjouée*, en 1768, que cette même Montre *S*, pendant toute la traverſée du Havre à Saint Pierre; c'eſt-à-dire, pendant ſix ſemaines entieres, avoit eu en 24 heures des écarts en *accélération*, plus conſidérables que celui qu'on a obſervé dans cette derniere Epreuve (*a*): nous avons vu, dans l'Epreuve ſur l'*Aurore*, en 1767, que la Montre *A*, qu'on ſait être *parfaitement ſemblable* à la Montre *S*, avoit eu des écarts en *accélération* de 17 ſecondes $\frac{1}{2}$, de 23 ſecondes, de 54 ſecondes $\frac{1}{2}$, occaſionnées par quelques roulis, auxquels le Bâtiment avoit été expoſé (*b*): nous avons vu qu'à Cadix, cette Montre *A*, *même étant à terre*, avoit eu un écart ſubit en *accélération* de plus de 10 ſecondes en 24 heures (*c*): dans toutes ces circonſtances les Montres de M. L. R. n'avoient éprouvé aucun accident auquel on pût attribuer leurs écarts, aucune chûte de caiſſons, aucunes ſecouſſes autres que celles auxquelles les Montres Marines ſont ſans ceſſe expoſées ſur un Vaiſſeau, & qui ne doivent pas troubler ſenſiblement leur régularité, puiſque ce ſont des Montres *Marines*.

Je ne crains pas d'être démenti par les faits, & j'oſe dire que, dans aucune Epreuve, mes Horloges Marines n'ont eu des écarts ſubits dans leur mouvement journalier: ſi ce mouvement a varié, ſes variations ont toujours été progreſſives, & les erreurs qui en réſultoient ne pouvoient être dangereuſes, puiſque, dans ce cas, elles n'étoient jamais que la ſomme des petites différences journalieres du mouvement réel de l'Horloge, par rapport au mouvement qu'on avoit établi en partant, & d'après lequel on a fait à la mer les calculs qui ſervoient à conclure l'heure du Port du départ: mais ſi, dans toutes les Epreuves

(*a*) Voyez ci-devant, *page* 106, &c.
(*b*) Ci-devant, *pages* 92, 93 & 97.
(*c*) Ci-devant, *page* 113.

qu'on a faites d'une Montre, on a reconnu des écarts ſubits dans ſon mouvement, & à la mer, & même à terre; ſe décidera-t-on à confier aveuglément à cette Montre la conduite des Vaiſſeaux & le ſort des Navigateurs?

Dans l'épreuve qu'on a faite de l'effet de l'artillerie, le fil de clavecin qui ſuſpendoit le Balancier de la Montre *S* de M. L. R. a été caſſé.

La commotion n'a produit aucun derangement dans mon Horloge N°. 8.

On termina l'Epreuve de 1772, à Breſt, par cinq décharges ſimultanées de toute l'artillerie de la Frégate : c'étoit la ſeconde fois que mon Horloge, N°. 8, ſubiſſoit cette Epreuve (*a*); & dans l'une ni dans l'autre occaſion, les commotions violentes qu'on lui a fait éprouver n'ont paru affecter la régularité de ſon mouvement (*b*). Le mouvement de la Montre *S* de M. L. R. qui étoit placé auprès de mon Horloge, fut retardé & bientôt arrêté. On a reconnu dans la ſuite que *le fil de clavecin* qui ſuſpend le Régulateur, *avoit été caſſé* par la violence des commotions (*b*).

CONCLUSION.

LA Concluſion que M. L. R. a donnée à la fin de ſon *Précis* (page 37) mérite d'être remiſe en entier ſous les yeux du Lecteur, & ne peut être mieux placée qu'à la fin de ces *Eclairciſſemens*, & à la ſuite des différentes Epreuves, qui ont été faites en France, pour apprécier la régularité des diverſes Machines, propoſées à déterminer les Longitudes en mer par la Meſure artificielle du Temps.

» *Par toutes ces raiſons* (dit M. L. R.) *ayant démontré, en* 1767, » *dans l'*Expoſé ſuccinct, *que ma Montre étoit préférable à celle de* » *M.* Harriſon; *l'Académie ayant d'ailleurs déclaré par ſon dernier* » *Programme, qu'elle l'emportoit ſur celles qui avoient concouru, je me* » *crois fondé à conclure, comme je l'ai avancé, que* la conſtruction » des Montres Marines que j'ai préſentées au Roi & à l'Académie, en 1766, eſt la meilleure qui ait encore paru; *& j'oſe* » *aſſurer que toutes celles dont on fera uſage dans l'avenir, ſeront* » *faites à très-peu près ſur ce modele.*»

(*a*) Ci-devant, *page* 131, l'Epreuve avoit été faite avec le même ſuccès ſur mon Horloge N°. 6.

(*b*) Voyez le Rapport imprimé dans le Journal de Phyſique, Juillet 1773, *pag.* 9.

M. L. R. continue :

» *J'ai de même prouvé, comme je m'y étois engagé*, 1°. *Que je* » *me ſuis occupé à la détermination des Longitudes en mer par les* » *Montres, avant* l'Auteur du Traité des Horloges Marines, » *& que j'y ai réuſſi le premier en France.* 2°. *Que les découvertes* » *fondamentales qui conſtituent ces Montres, ſont le fruit de mes* » *veilles.* »

On pourroit, en général, établir pour une vérité, l'inverſe de cette Concluſion ; mais il convient de l'examiner en détail, & de rappeller les preuves contraires que j'ai données dans ces *Eclairciſſemens.*

1°. Il eſt vrai qu'en 1767, M. L. R. fit tous ſes efforts pour flétrir la couronne de M. *Harriſon* : il parla comme il lui plut d'une Montre qu'il connoiſſoit mal ; il parla comme il voulut de ſa propre Montre : il a été convaincu qu'il avoit eu raiſon, parce que perſonne ne l'a contredit. Mais il ne paroît pas que l'*Expoſé ſuccinct* ait fait plus de tort à M. Harriſon, qu'il n'a fait d'honneur à M. L. R. : il n'a pas perſuadé les gens inſtruits en faveur de l'Artiſte François ; il n'a pas nui à l'Artiſte Anglois dans l'eſprit de ſa Nation éclairée : le Gouvernement d'Angleterre a accordé à M. Harriſon la *récompenſe entiere*, méritée par ſes travaux & dûe à ſes ſuccès ; on a fait exécuter, ſous ſa direction, des Montres ſemblables à la ſienne, qui ſont actuellement en Epreuve dans des Voyages à l'Amérique & aux grandes Indes.

2°. Il eſt encore vrai que l'Académie, en couronnant en 1773 M. L. R. a décidé, par ſon jugement, que la Montre de M. L. R. l'emportoit *ſur celles qui ont concouru* (*a*) : mais l'Académie n'a pas déclaré qu'elle l'emportât ſur mon Horloge, N°. 8, qui étoit embarquée ſur le même Bâtiment, *mais qui ne concouroit pas* (*b*). J'oſe dire même que les éloges que cette illuſtre

(*a*) On a vu ci-devant, *page* 133, qu'une de ces Machines a été fracaſſée après quelques jours d'Épreuve ; on a vu auſſi que l'Iſochroniſme d'une autre Montre n'a pas ſatisfait, & qu'on n'a pas cru devoir rendre un compte particulier de ſa marche. Ces deux Montres étoient *les ſeules qui concouruſſent* avec celles de M. L. R. ; & l'on peut dire que les trois Montres de M. L. R. n'ont concouru qu'entr'elles.

(*b*) Ci-devant, *page* 133. Voyez auſſi page 13.

Compagnie a bien voulu accorder à la régularité de mon Horloge, ſont d'autant plus flatteurs pour moi, que rien ne l'avoit obligée d'en faire mention (*a*).

Que devient donc la concluſion modeſte de M. L. R.: donc *ma Montre eſt la meilleure qui ait encore paru?*

Ce n'eſt que d'après les Epreuves qui ont été faites en mer, qu'on peut apprécier le mérite réel des différentes Machines. J'ai réuni ſous un ſeul point de vue les réſultats de ces diverſes Epreuves; je ne me ſuis permis de porter aucun jugement: c'eſt au Public à comparer les ſuccès & à prononcer.

3°. M. L. R. n'a-t-il point fait une prédiction un peu haſardée en annonçant que *toutes les Montres Marines dont on fera uſage dans l'avenir, ſeront faites à très-peu près ſur le modele de la ſienne?* J'oſe dire cependant que toutes les Horloges Marines, dont le Gouvernement de *France* & celui d'*Eſpagne*, ont bien voulu me confier l'exécution, ne ſeront point faites ſur le modele de la Montre de M. L. R.

4°. Quant aux prétentions de M. L. R. ſur l'*invention* des parties conſtitutives d'une Machine propre à meſurer le temps en mer, je crois avoir prouvé aſſez clairement, par les dates de nos productions, qu'il n'étoit pas poſſible que je copiaſſe M.L.R. & que je ne l'ai pas copié: j'ai prouvé auſſi clairement qu'il avoit pu me copier, & qu'il m'a copié. J'ai prouvé d'ailleurs par des dates bien conſtatées, par des faits notoires, que ma premiere Horloge Marine étoit exécutée *trois ans* avant qu'il préſentât ſa premiere Montre; j'ai prouvé de même que les principes, la diſpoſition des parties, les dimenſions, les deſſins, &c. de ma premiere Horloge, dont les dernieres ne différent pas, étoient publics & ſous les yeux de M. L. R., *onze mois* avant qu'il préſentât ſa Montre pour la premiere fois; j'ai prouvé enfin que j'avois ſur lui la priorité de *Projet*, la priorité d'*exécution*, la priorité d'*Epreuve*. Je n'aurois jamais cherché à établir mes droits, à les fixer une fois pour toutes, ſi on ne les eut attaqués: l'ancienneté eſt un ſtérile avantage qui ne paroît

(*a*) Voyez ci-devant, *page* 13, le Programme de l'Académie.

acquérir quelque prix que lorſqu'il eſt diſputé : la gloire eſt à celui qui eſt parvenu à faire *le mieux*, & non à celui qui n'a que le mérite d'avoir fait *le pluſôt*.

Au reſte, je n'aſpire point à diſſuader M. L. R. il a la conviction intime que ſa Montre Marine eſt la meilleure qui ait encore paru, qu'elle eſt la meilleure poſſible : cette idée lui plaît ; il y paroît fort attaché ; je ne chercherai point à la lui ôter : mais je me flatte, & j'ai lieu de croire qu'à cet égard tout le monde n'a pas penſé, ne penſe pas, & ne penſera pas comme M. L. R.

Nota Bene. En 1768, M. l'Abbé *Chappe*, de l'Académie Royale des Sciences, me demanda ma Montre Marine N°. 3, qu'il avoit éprouvée en 1764, & en a fait uſage dans ſon Voyage en Californie : en 1770, M. l'Abbé *de Rochon*, Aſtronome de la Marine, des Académies Royale des Sciences & de la Marine, me demanda mon Horloge Marine, N°. 6, & l'a employée dans ſon Voyage aux Indes Orientales. En 1771, M. le Marquis *de Chabert*, Capitaine des Vaiſſeaux du Roi, & des mêmes Académies, me demanda ma Montre Marine N°. 3, & s'en eſt ſervi dans ſon Voyage à l'Archipel de la Méditerannée : en 1773, MM. *Merſais* & *d'Agelet*, Aſtronomes, ont emporté mes Horloges Marines N°. 8 & N°. 11, pour l'expédition de M. de *Kerguelen*, aux Terres Auſtrales. Quelque Navigateur, quelque Aſtronome, quelque Savant, a-t-il demandé une Montre Marine de M. L. R. ?

FIN.

PIÉCES JUSTIFICATIVES,

Servant à prouver la conformité de principes & de diſpoſitions des parties conſtitutives, entre mes Horloges Marines actuelles, décrites dans mon Traité des Horloges Marines, *& mon Horloge N°. 1, exécutée avant* 1761, *& les autres Horloges dont la deſcription a été publiée au commencement de* 1763, *dans mon* Eſſai ſur l'Horlogerie.

Je ne tranſcrirai pas ici tous les Articles de mon *Eſſai ſur l'Horlogerie* qui pourroient ſervir de Pièces Juſtificatives à ces *Eclairciſſemens*; il faudroit extraire de l'*Eſſai* tout ce qui appartient à la Théorie générale des Machines ſervant à la Meſure du Temps. Je me contente de renvoyer le Lecteur au Chapitre XVIII, ſeconde Partie, qui traite de la Dilatation & de la Contraction des Métaux par le chaud & par le froid, N°. 1662 juſqu'à 1670; & le Chapitre XIX, où je donne la deſcription du Pyrometre qui m'a ſervi à faire les Expériences ſur les effets de la chaleur & du froid ſur les métaux, &c. N°. 1671 juſqu'à 1685; & le Chapitre XX. qui contient le Précis des Expériences ſur la Dilatation des différens Corps par la chaleur N°. 1686 juſqu'à 1704.

Extrait de la Table des Matieres de l'Eſſai ſur l'Horlogerie, qui comprend la partie de cet Ouvrage qui a un rapport plus direct aux Horloges Marines, &c.

Article *Horloge Marine.* Recherches pour parvenir à ſa conſtruction, II. n. 2080, *& ſuiv.* Analyſe des propriétés du Pendule, 1°, la peſanteur de la lentille, n. 2082. Le peu de frottement du point de ſuſpenſion, n. 2083. Cauſes de l'iſochroniſme des vibrations du pendule & de la juſteſſe de l'horloge aſtronomique; 1°, l'action conſtante de la peſanteur, n. 2085. 2°, Le peu de force du moteur qui en entretient le mouvement, n. 2086, 2090. 3°, La force motrice eſt un poids dont l'action eſt conſtante, n. 2087. 4°, Un pendule compoſé pour compenſer les effets du chaud & du froid, 2088. Le frottement de la ſuſpenſion eſt conſtamment le même n. 2089.

Comment on peut ſubſtituer aux horloges de mer les propriétés d'une horloge aſtronomique, n. 2092. par un balancier peſant, n. 2094. fort grand, n. 2095. Subſtituant à l'effet de la peſanteur un reſſort ſpiral, n. 2096. En formant le régulateur de deux balanciers n. 2097. En ſuſpendant l'horloge dans le vaiſſeau, de ſorte qu'elle reſte toujours ſenſiblement horizontale, n. 2098. Les balanciers ſe mouvant horizontalement, n. 2099. Suſpendus par des reſſorts, n. 2100. Faiſant rouler les pivots de balanciers dans des trous faits à des agathes orientales, n. 2104. En adaptant une machine qui compenſe les effets du chaud & du froid ſur l'horloge, n. 2121.

Détails de la ſuſpenſion pour maintenir l'horloge horizontale, n. 2101. Un reſſort à tire-bourre pour adoucir les cahotages du vaiſſeau, n. 2102. Eviter les mouvements de trépidation du vaiſſeau, n. 2103. Deſ-

cription de la ſuſpenſion de l'horloge marine, n. 2126. Deſcription de l'horloge, n. 2131. Détail de main-d'œuvre, des reſſorts ſpiraux des balanciers, n. 2165. Des agathes dans leſquelles roulent les pivots de balancier, n. 2169. De l'échappement, n. 2174. Des verges de compenſation. Expériences, n. 2182. Défauts de ces verges, n. 2190. Comment j'y ai remédié, n. 2192. Dimenſions de ces verges, n. 2201. Expériences qui prouvent que la compenſation du chaud & du froid ſe fait parfaitement, n. 2204. Ecart que fait l'horloge quand on ſuſpend l'effet des verges de compenſation, d'où l'on voit combien elles ſont eſſentielles à la perfection de la machine, n. 2208.

Horloge Marine plus ſimple, n. 2210. Le moteur eſt un poids, n. 2217. Détail des autres parties de l'horloge, n. 2218. Deſcription de cette horloge, n. 2227. Deſcription du poids, n. 2235.

Horloge Marine d'une autre combinaiſon, n. 2242.

Pièces Justificatives.

1. Nous avons vu, Chapitre X, art. 1533 & ſuivants, que ſans la réſiſtance de l'air & le frottement de la ſuſpenſion, un pendule une fois mis en mouvement le conſerveroit perpétuellement ; & comme toutes ſes oſcillations ſeroient de même étendue, elles ſeroient iſochrones : ainſi un pendule eſt le régulateur le plus parfait que l'on puiſſe appliquer à une machine qui meſure le temps, puiſqu'il n'eſt beſoin que de placer auprès un compteur qui marque le nombre des oſcillations ; mais comme l'air réſiſte au mouvement, il arrive que les oſcillations d'un pendule ſimple diminuent inſenſiblement, enſorte qu'elles ne ſont plus iſochrones, & que le mouvement ceſſe enfin après un certain temps. Si ces obſtacles ne peuvent abſolument être vaincus, au moins eſt-il poſſible d'en détruire une partie ; ainſi le pendule qui, ayant reçu un mouvement, le conſervera le plus longtemps & le plus également, doit être cenſé le meilleur régulateur. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, N°. 1820, *& Traité des Horloges Marines*, N°. 72.

2. Le même raiſonnement eſt applicable au balancier mu par un ſpiral : car de même que dans les horloges à pendule, on doit juger de la meilleure application du régulateur, lorſque le mouvement ſe conſerve plus long-temps & plus uniformément ; de même ſi on fait un balancier auquel une impulſion donnée procure des oſcillations iſochrones, & conſerve ſon mouvement pendant un fort long-temps, on eſt cenſé avoir réduit les frottements & les réſiſtances de l'air à la moindre quantité poſſible, de ſorte que ce balancier ſera le meilleur régulateur applicable à une montre ; nous allons examiner comment on peut parvenir à cela. *Eſſ.* N°. 1821. *Trait. des Horl. Mar.* N°. 73.

3. *Les temps des oſcillations d'un corps ſeront les mêmes, ſi la réſiſtance au mouvement eſt toujours la même, & que la puiſſance motrice agiſſe avec une force conſtante* (a) ; ainſi les vibrations d'un balancier ſeroient iſochrones, ſi les réſiſtances de l'air & les frottements étoient conſtamment les mêmes, & ſi la force motrice ne changeoit pas. *Eſſ.* N°. 1822. *Trait. des Horl.* N°. 75.

4. *Pour juger de l'avantage d'un régulateur ſur un autre, il faut comparer les forces* (b), *ou quantités de mouvement de l'un & de l'autre ; comparer de même les frottements* (c) *ou réſiſtances qui s'oppoſent au mouvement de l'un & de l'autre corps.* Eſſ. 1823. Trait. des Horl. N°. 76.

5. *Plus la réſiſtance ou frottement d'un corps ſera grande, relativement à la force & au frottement d'un autre corps, & plus auſſi la force requiſe pour entretenir ſon mouvement devra être grande.* (Eſſ. N°. 1824. Trait. des Horl. N°. 77).

Nous ne tranſcrivons pas ici les démon-

(a) Je fais abſtraction pour le moment des changements de la température.

(b) J'entends par *force*, cette propriété qu'a un corps en mouvement, de vaincre un nombre d'obſtacles ; alors la meſure de cette force eſt le produit de la maſſe du corps par le quarré de ſa viteſſe.

(c) Sur les frottements, voyez *Eſſai ſur l'Horl.* N°. 1838 *& ſuiv.*

ſtrations des principes, on peut les conſulter dans les deux Ouvrages cités.

6. *Reglo générale pour un Régulateur quelconque*: c'eſt que plus ſa quantité de mouvement ſera grande relativement à la force requiſe pour entretenir le mouvement, plus ce Régulateur ſera puiſſant, c'eſt-à-dire, capable de détruire les effets de l'air, des frottements, &c. Condition requiſe pour l'Iſochroniſme des vibrations (*Eſſai N°. 1610.*)

7. Si deux balanciers de même peſanteur, mais d'inégale grandeur, décrivent des arcs ſemblables, enſorte cependant qu'un point quelconque pris ſur la circonférence de chaque balancier, parcoure en même temps des eſpaces égaux (*), les frottements ſur les pivots ſuppoſés de même groſſeur, ſeront en raiſon inverſe des diametres des balanciers, c'eſt-à-dire, que les frottements des pivots du grand balancier ſeront à ceux du petit, comme le diametre du petit eſt à celui du grand, ce qui eſt évident; car ſi le diametre du grand balancier que je nomme *A*, eſt au diametre du petit *B*, comme 2 eſt à 1, pour que le petit ait la même vîteſſe à ſa circonférence, il faut qu'il faſſe deux fois plus d'oſcillations que le grand (les circonférences étant entr'elles comme les diametres (1409)); or nous ſuppoſons qu'ils ſont de même peſanteur; les pivots du balancier *B*, qui ſont de même groſſeur (**) que ceux de *A*, parcourront deux fois plus de chemin, le frottement ſera donc double; les frottements du balancier *A* ſont donc à ceux de *B*, comme 1 eſt à 2, c'eſt-à-dire, comme le diametre du petit balancier eſt à celui du grand. (*Eſſ.* 1825. *Trait. des Horl.* 89.)

8. Cette propoſition prouve l'avantage d'un grand balancier ſur un petit, puiſqu'en doublant le diametre on diminue les frottements de la moitié, ſans changer la quantité de force ou de mouvement, & ſans augmenter la réſiſtance de l'air, puiſque nous ſuppoſons ici les mêmes eſpaces parcourus. (*Eſſ.* 1826. *Trait. des Horl.* 90.)

9. Nous ne faiſons pas entrer ici les réſiſtances de l'air, dont la conſidération n'eſt pas fort eſſentielle pour mon objet: car quoique cette réſiſtance augmente d'autant plus que la vîteſſe du balancier eſt plus grande, & préſente une plus grande ſurface; comme cette réſiſtance eſt toujours à peu-près la même, il arrive qu'elle détruit continuellement une même quantité de mouvement, ce qui n'arrive pas dans le cas des frottements des pivots, ces frottements allant en augmentant à meſure que les huiles ſe deſſechent, que les pivots perdent de leur poli; & ces changements ſont d'autant plus conſidérables que les frottement ſont plus grands: il eſt donc bien eſſentiel de les réduire à la moindre quantité poſſible, afin de les rendre plus conſtamment les mêmes, ce qui dans ce cas ſeroit la même choſe que ſi on les réduiſoit à rien (1822): d'ailleurs il faut obſerver que la réſiſtance que l'air oppoſe au mouvement des balanciers eſt peu conſidérable, puiſque ce fluide n'eſt point déplacé; ainſi ce frottement eſt beaucoup plus petit qu'il ne ſeroit, ſi le balancier étoit formé par des poids, comme, par exemple, des

(*) Dans ce cas les balanciers auront la même quantité de mouvement, puiſqu'ils ont la même maſſe & la même viteſſe.

(**) Je dis qu'il faut ſuppoſer les pivots de même groſſeur; voici ſur quoi cela eſt fondé: on doit faire les pivots de balancier les plus petits qu'il eſt poſſible, & cela a une limite au-delà de laquelle la matiere ne permet pas de paſſer; ayant donc fait les pivots d'un grand balancier, les plus petits qu'il puiſſe avoir, il ne ſera plus poſſible de diminuer ceux du petit balancier, proportionnellement à la différence des diametres des balanciers; car ſi on pouvoit faire des pivots plus petits encore, il n'y auroit aucune difficulté de les employer avec un grand balancier qui n'auroit pas plus de poids: de cette maniere, on réduit à la moindre expreſſion le frottement des pivots; ainſi nous employons ici cette limite des groſſeurs des pivots; les frottements du petit balancier ſont donc effectivement dans le rapport; d'où l'on voit, qu'en faiſant un balancier trop petit, les pivots ne pouvant être diminués, ils ne différeront que peu de ceux d'un grand balancier; ainſi la quantité de mouvement ſera preſque égale aux frottements de pivots.

petites

petites boules ou lentilles. *Eſſ.* 1832. *Trait. des Horl.* 94.

10. Si la force d'un balancier eſt donnée, on peut la produire de deux manieres ; ou par des grands ares décrits par un balancier léger, ou par des petits arcs décrits par un balancier peſant : voyons quelle eſt la maniere la plus avantageuſe, en ſuppoſant le même diametre de balancier, & le même nombre de vibrations. *Eſſ. N°.* 1836. *Trait. des Horl.* 92.

11. Pour que la force du balancier ſoit égale dans l'un & l'autre cas, il faut que les maſſes ſoient en raiſon inverſe du quarré des vîteſſes, c'eſt-à-dire, des arcs parcourus : j'appelle *A* le balancier léger qui parcourt, je ſuppoſe, des arcs doubles du balancier peſant, que j'appelle *B* ; pour que les forces des balanciers *A* & *B* ſoient égales, il faut, ſelon le principe, que la maſſe du balancier *A* ſoit à celle de *B*, comme le quarré de la vîteſſe de *B* eſt à celle de *A* ; or, ſelon notre ſuppoſition, la vîteſſe de *A* eſt à celle de *B*, comme 2 eſt à 1 ; la maſſe de *A* doit donc être à celle de *B*, comme le quarré de 1 eſt au quarré de 2, c'eſt-à-dire, comme 1 eſt à 4 ; la maſſe du balancier *B* doit donc être quatre fois plus grande que celle de *A* ; or le frottement étant le produit de la maſſe par l'eſpace parcouru, le frottement de *A* ſera la maſſe de 1 par la vîteſſe 2, qui donne 2 ; & le frottement du balancier *B* ſera le produit de la maſſe 4, par la vîteſſe 1 qui donne 4 ; le frottement de *B* ſera donc double de celui de *A* ; d'où l'on voit qu'ayant un balancier dont le diametre & le nombre des vibrations eſt donné ainſi que la quantité de la force motrice, il eſt préférable de faire parcourir de grands ares, en employant un balancier moins peſant, plutôt que de faire parcourir des petits arcs avec un Balancier peſant. *Eſſ. N°.* 1837. *Trait. des Horl.* 93.

Examen des Principes que l'on doit ſuivre dans la compoſition d'une Horloge Marine, au moyen de laquelle on puiſſe déterminer les Longitudes en mer.

12. POUR parvenir ſûrement à la compoſition d'une bonne machine qui puiſſe meſurer exactement le temps en mer, il faut examiner, avec une extrême attention, les cauſes de la juſteſſe d'une Horloge aſtronomique, afin de ſuivre, s'il eſt poſſible, la même marche, en ſubſtituant aux Horloges marines l'équivalent le plus approchant. Nous allons donc examiner les propriétés du pendule, & découvrir les cauſes de ſa juſteſſe, ce régulateur étant le plus parfait que l'on ait trouvé pour les machines qui meſurent le temps. *Eſſ. N°.* 2080. *Trait. des Horl.* 343.

13. Les expériences que j'ai faites ſur le pendule libre, ont fait voir que lorſqu'il eſt bien ſuſpendu & diſpoſé, il peut vibrer pendant deux jours entiers, étant abandonné à lui-même, après l'avoir éloigné de 5 degrés de la verticale : voici les cauſes de cette longue durée du mouvement du pendule. *Eſſ. N°.* 2081. *Tr. des Horl.* 344.

14. 1°, La forte peſanteur de la lentille exige que la puiſſance qui la met en mouvement ſoit grande, ainſi la force qu'elle acquiert eſt en même raiſon : or, plus la lentille eſt peſante, & plus la réſiſtance de l'air diminue (1565) : *Une lentille peſante a donc une grande quantité de mouvement, & peu de réſiſtance de l'air ; elle tend donc à conſerver le mouvement imprimé.* Eſſ. 2082. Trait. des Horl. Mar. 345.

15. 2°, La durée du mouvement du pendule libre vient de la ſuſpenſion, dont le frottement eſt infiniment petit, par la raiſon que l'eſpace parcouru par la lentille eſt très-grand relativement au point de ſuſpenſion : cette différence ſera d'autant plus grande que la lentille ſera diſtante du point de ſuſpenſion ; c'eſt-à-dire, que le pendule ſera long, (l'angle du couteau reſtant le même). D'ailleurs le frottement de la ſuſpenſion du pendule ſe fait par le développement de l'angle du couteau ſur la gouttière (2024) ; or cette eſpece de frottement eſt la plus favorable. *Eſſ.* 2083. *Trait. des Horl.* 346.

16. 3°, Le point de ſuſpenſion du pen-

dule étant formé par des parties très-dures, elles ne peuvent pas être pénétrées, & conſéquémment le frottement eſt très-petit. *Eſſ.* 2084. *Trait. des Horl. Mar.* 347.

Cauſe de l'Iſochroniſme des vibrations du Pendule, & de la juſteſſe d'une Horloge Aſtronomique.

17. 1°. C'EST, comme on le ſait, l'action de la peſanteur qui produit les vibrations du pendule; car lorſqu'on a éloigné un pendule de la verticale, & qu'on l'abandonne à lui-même, la peſanteur le fait deſcendre; & avec la force qu'il acquiert par ſa deſcente, il remonte à la même hauteur de l'autre côté de la verticale; ayant perdu toute ſa force, la peſanteur le fait redeſcendre, &c: or cette action de la peſanteur eſt conſtamment la même, d'où ſuit l'iſochroniſme des vibrations du pendule, puiſque ſi l'on ſuppoſe pour un moment que le pendule n'éprouve aucune réſiſtance de l'air ni de la ſuſpenſion, il fera toutes ſes vibrations de même étendue, & par conſéquent de même durée: & quoiqu'il ne puiſſe y avoir de pendule qui ne ſoit ſuſceptible de la réſiſtance de l'air & du frottement de ſuſpenſion; cependant ſi ce régulateur eſt bien diſpoſé, il fera un très-grand nombre d'oſcillations qui auront ſenſiblement la même étendue, & par conſéquent la même durée. *Eſſ.* 2085. *Trait. des Horl.* 348.

18. 2°, D'où il ſuit qu'un tel pendule exige une force infiniment petite pour en entretenir le mouvement, & que par conſéquent cette force motrice ne doit pas troubler l'iſochroniſme des vibrations, puiſque la quantité de mouvement du pendule qui eſt très-grande, ne peut être interrompue par les petites inégalités de la force motrice. *Eſſ.* 2086. *Trait. des Horl.* 349.

19. 3°, La force motrice d'une Horloge Aſtronomique eſt toujours un poids dont l'action eſt conſtante, & qui communique au pendule des degrés égaux de force pour en entretenir le mouvement. *Eſſ.* 2087. *Trait. des Horl.* 350.

20. 4°, On ſait que le changement de longueur du pendule change la durée des oſcillations, & que la verge d'un pendule s'alonge par la chaleur, & ſe raccourcit par le froid, ce qui eſt un obſtacle à leur juſteſſe: on avoit eſſayé depuis long-temps de remédier à cette difficulté; & ce que l'on n'avoit que tenté & ébauché, je crois l'avoir porté à ſa perfection; voy. Part. II, Ch. XXXVIII, 2016, &c. Je puis donc ajouter ici, pour perfection des Horloges Aſtronomiques, celle de n'être en aucune maniere ſuſceptibles de la différence de température. *Eſſ.* 2088. *Tr. des Horl. Mar.* 351.

21. 5°, Une des cauſes de la conſtante juſteſſe d'une Horloge Aſtronomique, c'eſt que le point de ſuſpenſion du pendule reſte ſenſiblement le même; c'eſt-à-dire, que la réſiſtance ou frottement qui s'oppoſe au mouvement du pendule eſt toujours la même; & ne varie point, ou infiniment peu, & elle cauſe d'autant moins de changement dans la durée des oſcillations, qu'elle eſt infiniment petite, relativement à la force de mouvement du pendule. *Eſſ.* 2089. *Trait. des Horl.* 352.

22. 6°, Enfin, nous devons obſerver ici que la juſteſſe d'une Horloge Aſtronomique dépend auſſi de la grande différence qu'il y a entre la quantité du mouvement du pendule & la force motrice; car il pourroit encore arriver que, malgré toutes les propriétés du pendule que nous venons de rapporter, l'Horloge où il ſeroit appliqué, feroit des écarts; c'eſt dans le cas où la force motrice ſeroit aſſez grande pour donner le mouvement au pendule auparavant en repos, (comme cela ſe fait dans les Montres); or la juſteſſe d'une telle machine dépendroit alors de l'uniformité de force tranſmiſe au régulateur par le moteur; mais la force tranſmiſe au régulateur, lors même que le moteur eſt un poids, varie par la coagulation des huiles, par les frottements du rouage, (qui ſeroient alors très-grands, ainſi que ceux de l'échappement), par la contraction des huiles par le froid, &c; donc la force motrice étant plus grande que celle du régulateur, celui-ci en ſuivroit les impreſſions, & on ne

pourroit parvenir à donner de la juſteſſe à une telle machine, qu'en appliquant un échappement qui eût la propriété de rendre iſochrones les oſcillations du pendule, malgré l'inégalité des arcs qu'il décrit : & un tel moyen ne donneroit pas toute la juſteſſe poſſible ; car les frottements de l'échappement changeroient ſa propriété. L'addition de la cicloide ne réuſſiroit pas mieux, car elle ne pourroit ſe faire qu'avec un échappement à repos, dont les frottements changent beaucoup : lors donc que l'on veut que les oſcillations du pendule ſoient iſochrones, ſans recourir à des propriétés d'échappements très-difficiles à obtenir, & plus encore à conſerver, il faut que la force motrice ne faſſe que reſtituer au pendule la force qu'il perd à chaque oſcillation. *Eſſ.* 2090. *Trait. des Horl. Mar.* 353.

REMARQUE.

23. Nous devons obſerver ici par rapport au pendule, qu'il faut que le point de ſuſpenſion de cet excellent régulateur ſoit parfaitement inébranlable & ſolidement arrêté, ſans quoi le moindre mouvement ou flexion qu'il auroit, changeroit la durée des oſcillations, & feroit même arrêter le pendule, pour peu que ce mouvement fût un peu conſidérable ; car ſi on ſuppoſe que pendant que le pendule éloigné de la verticale tend à deſcendre, le point de ſuſpenſion ſe meuve ſelon le plan d'oſcillations en ſens contraires de la deſcente du pendule, & avec la viteſſe de la lentille, celle-ci arrivée au milieu de ſa deſcente reſteroit en repos, puiſqu'elle ſe trouveroit dans la verticale du point de ſuſpenſion, ſans avoir acquis de force pour remonter de l'autre côté ; & par une ſuite de la même remarque, les oſcillations du pendule changeroient de durée ſelon la diverſité de mouvement relatif de ſuſpenſion avec ceux de la lentille. *Eſſ.* 2091, *Trait. des Horl. Mar.* 354.

Recherches pour parvenir à ſubſtituer un Régulateur aux Horloges Marines, qui ait les mêmes propriétés que le Pendule.

24. La remarque que nous venons de faire ſur la néceſſité de rendre très-fixe le point de ſuſpenſion du pendule, ſert à nous faire voir l'impoſſibilité d'employer un tel régulateur (*) aux Horloges marines continuellement expoſées à toutes ſortes d'agitations & mouvements : il faut donc recourir à un régulateur qui conſerve ces oſcillations, malgré qu'il ſoit agité ; tel eſt celui que l'on emploie dans les montres, je veux dire le balancier ; cette propriété du balancier vient comme nous l'avons vu (124), de ce que ſon centre du mouvement eſt le même que celui de gravité. *Eſſ.* 2092, *Trait. des Horl. Mar.* 355.

Voyons maintenant comment on peut parvenir à ſubſtituer au balancier l'équivalent des propriétés qui cauſent la juſteſſe du pendule.

25. 1°. En faiſant un balancier peſant, il éprouvera une moindre réſiſtance de l'air. *Eſſ.* 2094, *Trait. des Horl. Mar.* 357.

26. En faiſant le balancier fort grand, comme d'un pied de diametre, on diminuera le frottement à proportion ; mais pour rem-

(*) Le pendule oppoſe encore un autre obſtacle qui l'empêche de pouvoir ſervir en mer, quand même on parviendroit à ſuſpendre l'Horloge, de maniere à ne pas déranger les oſcillations ; c'eſt celui qui eſt cauſé par la différence de la peſanteur : car un pendule qui bat les ſecondes à Paris, doit être plus court ſi on le tranſporte ſous l'équateur, & plus long ſi on le tranſporte ſous le pole ; & cette différence de la peſanteur eſt capable de cauſer des écarts très-conſidérables ; car la longueur du pendule qui bat les ſecondes ſous l'équateur eſt de 36 pouc. lig. 7, 07 au niveau de la mer : à Paris, dont la latitude eſt de 48 degr. 50 min. la longueur du pendule à ſecondes eſt de 36 pouc. 8 lig. 57 ; à Pello en Laponie, à 66 degr. 48 min. de latitude, 36 pouc. 9 lig. 17 ; c'eſt-à-dire, qu'une Horloge qui ſeroit réglée à Pello, retarderoit d'environ 5 min. & demie par jour, ſi on la tranſportoit ſous l'équateur : il eſt vrai que l'on pourroit conſtruire une courbe, au moyen de laquelle on éleveroit & baiſſeroit le pendule ſelon la longueur requiſe pour telle latitude ; mais cette courbe ne pourroit être que tautonoée, & par conſequent ſujette à erreur ; ce moyen ſeroit d'ailleurs très-incommode : on pourroit auſſi ſouſtraire de l'heure marquée par l'horloge à pendule le changement qui a dû arriver par telle différence de latitude.

plir cet objet, il faut que la peſanteur du balancier ſoit ſupportée, de maniere à produire le moindre frottement poſſible ; c'eſt ce que nous expliquerons ci-après. *Eſſ.* 2095, *Trait. des Horl. Mar.* 358.

27. 3°. La propriété que donne la peſanteur au pendule pour lui faire faire des vibrations, eſt celle qu'il eſt le plus difficile de donner au balancier ; car ſi on vouloit les produire par un poids, comme avoit fait Sully, la moindre inclinaiſon ou agitation de la machine augmenteroit ou diminueroit l'action du poids, ce qui changeroit la durée des oſcillations ; d'ailleurs ce poids par ſa deſcente participeroit aux changements de peſanteur produits par la différence des latitudes : le reſſort ſpiral eſt donc le ſeul agent connu propre à produire les oſcillations du balancier, puiſque ſon action eſt la même dans toutes les poſitions ; mais on ſait qu'un reſſort agit avec plus ou moins de force, ſelon qu'il fait chaud ou froid, ce qui fait accélérer ou retarder les oſcillations du balancier : nous expliquerons ci-après par quels moyens nous eſpérons parvenir à vaincre cet obſtacle. *Eſſ.* 2096, *Trait. des Horl. Mar.* 359.

28. 4°. Lorſque le balancier libre décrit de grands arcs, ces arcs diminuent & changent ſenſiblement d'étendue ; ainſi il faut une grande force pour en entretenir le mouvement ; au contraire, lorſqu'il décrit de petits arcs, il s'en fait, comme dans le pendule libre, un grand nombre de même étendue par conſéquent les oſcillations ſont alors ſenſiblement de même durée, & la force requiſe pour en entretenir les vibrations eſt très-petite, & differe de beaucoup de la force du mouvement du balancier. Il faut donc faire décrire de petits arcs au balancier, & ne donner pour force motrice que la quantité requiſe pour reſtituer au balancier la force que la réſiſtance de l'air, les frottements des pivots & de la ſuſpenſion lui font perdre: mais il eſt bon de remarquer que dans ce cas la force motrice ne ſera pas ſuffiſante pour rendre le mouvement au balancier lorſque la machine eſt arrêtée, & que par conſéquent, pour la faire marcher, il faut donner le mouvement au balancier, comme on le fait dans les horloges à pendule, ce qui ne ſouffre aucune difficulté. Il n'en eſt pas de même de l'effet des agitations du vaiſſeau ; car ces agitations peuvent être aſſez grandes pour augmenter & diminuer le temps des vibrations, & même pour arrêter la machine, défaut très-conſidérable : il eſt vrai qu'en donnant aſſez d'action à la force motrice, elle pourroit alors redonner le mouvement au balancier : or ces oſcillations ſeroient alors ſujettes aux variations de la force motrice : enfin, on pourroit encore corriger ces inégalités de force motrice par un échappement iſochrone. Mais nous avons heureuſement un moyen propre à lever ces obſtacles, en conſervant au régulateur les propriétés du pendule, c'eſt de faire deux balanciers de même diametre, poids, &c. dont les axes portent des roues qui s'engrenent & ſe communiquent le mouvement de la même maniere que je l'ai fait à la montre décrite (*Part. II, Ch. XXXVII*) ; par ce moyen, aucune agitation du vaiſſeau ne pourra troubler les oſcillations du régulateur ; car ces balanciers tournent toujours en ſens contraire ; ainſi les impreſſions du vaiſſeau ſur un balancier, ſeront auſſi-tôt détruites par l'autre balancier. Il ne ſera donc beſoin que de très-peu de force motrice, dont l'inégalité ne pourra troubler l'iſochroniſme des vibrations. *Eſſ.* 2097 *Trait. des Horl. Mar.* 360.

29. Enfin nous ſuſpendrons la machine, de maniere que tous les mouvements & les agitations du vaiſſeau ne puiſſent changer ſenſiblement la poſition de la machine. Nous allons entrer dans tous les détails de conſtruction qui ont précédé l'exécution de notre Horloge marine. *Eſſ.* 2098, *Trait. des Horl. Mar.* 361.

30. 1°. Les balanciers ſeront poſés horizontalement ; ainſi leurs oſcillations ſe feront dans un plan perpendiculaire aux balancements du vaiſſeau. *Eſſ.* 2099, *Trait. des Horl. Mar.* 362.

31. 2°. Les balanciers ſeront ſuſpendus

par des reſſorts (*a*) qui en ſoutiendront toute la maſſe; enſorte qu'ils n'éprouveront qu'un frottement infiniment petit, & qui ſera conſtamment le même, à cauſe de la poſition avantageuſe des balanciers qui ſe meuvent horizontalement, & que leurs pivots ne ſupportent qu'une très-petite partie du poids des balanciers, lors même que la poſition n'eſt pas tout-à-fait horizontale. *Eſſ.* 2100, *Trait. des Horl. Mar.* 363.

32. 3°. Comme le frottement qui ſe feroit ſur la circonférence des pivots ſeroit conſidérable, ſi les balanciers prenoient toutes les inclinaiſons du vaiſſeau, nous employerons tous les moyens poſſibles pour conſerver les balanciers toujours ſenſiblement horizontaux. Pour cet effet, l'Horloge ſera attachée à une ſuſpenſion (*b*) à peu près ſemblable à celle qu'on employe pour les bouſſoles marines, mais avec une diſpoſition particuliere. Autour des quatre pivots qui forment les balancements, par le roulis & le tangage, il y aura quatre demi-cercles ayant tous même grandeur, & ſur leſquels on fera appuyer une plaque d'acier, afin de produire un frottement égal qui empêchera les oſcillations de la machine, dont le poids ne ſera que ſuffiſant pour ramener à la ſituation horizontale; on augmentera & on diminuera ce frottement à volonté. *Eſſ.* 2101, *Trait. des Horl. Mar.* 364.

43. 4°. Pour éviter les contre-coups que peuvent cauſer les agitations violentes du tangage, j'adapterai au-deſſous de la ſuſpenſion un reſſort en forme de tire-bourre, lequel ſuſpendra l'Horloge, & adoucira les ſecouſſes de la même maniere que les reſſorts d'un carroſſe. *Eſſ.* 2102, *Trait. des Horl. Mar.* 365.

34. 5°. Lorſque la mer eſt fortement agitée, le vaiſſeau reçoit des mouvements de trépidation à peu près comme une montre que l'on feroit aller & revenir vivement en la tournant ſelon le plan du cadran; ce mouvement ſe fait donc ſelon le plan des balanciers; & quoique les deux balanciers doivent ſervir à rendre nulles de telles agitations, il eſt eſſentiel de les empêcher de parvenir juſqu'aux balanciers: c'eſt pour l'éviter que la ſuſpenſion ſera conſtruite, de maniere que le vaiſſeau venant à tourner ſelon ſon plan, par ce mouvement de trépidation, la ſuſpenſion tournera ſéparément de l'Horloge, dont l'inertie la fera reſter en repos. *Eſſ.* 2103, *Trait. des Horl. Mar.* 366.

35. 6°. Pour diminuer les frottements ſur la circonference des pivots, au lieu de les faire rouler dans des trous de cuivre, je ferai ces trous dans des agathes orientales les plus dures, & je conſtruirai l'axe des balanciers, de maniere que l'on puiſſe rapporter aiſément des pivots d'un acier fin & trempé très-dur; car ſi on formoit les pivots ſur les axes mêmes, il ne ſeroit pas poſſible de leur donner le même degré de dureté, puiſque plus les pieces ſont groſſes, & moins l'acier eſt fin, & moins il devient dur; d'ailleurs ſi on venoit à caſſer un pivot, on le rapporteroit facilement, comme on le verra dans la deſcription du Chapitre ſuivant. Enfin il réſultera de cette diſpoſition des pivots & des trous, que l'huile que l'on mettra pour adoucir encore le frottement, ſe conſervera très-long-temps pure; car il ne pourra ſe détacher des parties, qui broyées avec l'huile, l'épaiſſiſſent bien-tôt, (comme cela arrive

(*a*) Avant de déterminer exactement la conſtruction de mon Horloge marine, je fis des expériences ſur un grand balancier peſant: j'eſſayai d'abord de faire vibrer le balancier peſant en faiſant toucher la pointe du pivot ſur une agathe orientale; mais le pivot creuſoit la pierre: enſuite j'employai un diamant; alors la pointe du pivot s'émouſſoit, & de ſorte que les vibrations de ce balancier libre ceſſoient en très-peu de temps: enfin j'imaginai de le ſuſpendre par un reſſort de la maniere qu'on le voit *Pl. XXXI*, *fig.* 1; ce qui me réuſſit parfaitement.

(*b*) Je m'étois d'abord propoſé d'employer une ſuſpenſion à genou, à peu près ſemblable à celle d'un pied ordinaire de téleſcope: mais j'ai obſervé que pour éviter que l'axe de la boule ne touchât aux calottes dans les grandes agitations du vaiſſeau, il faudroit faire l'ouverture de cette calotte très-grande, & que dans ce cas il ne reſteroit qu'une très-petite ſuperficie frottante que le frottement continuel de la boule auroit bientôt détruit, & qu'alors ce frottement deviendroit beaucoup plus conſidérable.

aux montres) ce qui altere néceſſairement la liberté de mouvement du balancier. *Eſſ.* 2104 *Trait. des Horl. Mar.* 367.

36. 7°. Les vibrations des balanciers ſeront produites par des reſſorts ſpiraux les plus parfaits poſſibles ; c'eſt-à-dire, de bon acier, & trempés très-dur *Eſſ.* 2105, *Trait. des Horl. Mar.* 368.

37. 8°. Chaque balancier ſera réglé par un ſpiral, & de ſorte qu'en les faiſant vibrer ſéparément, leurs oſcillations ſoient d'une ſeconde ; & lorſqu'ils ſeront mis en place, & qu'ils ſe communiqueront par l'engrenage des roues, ils feront leurs vibrations dans le même temps (une ſeconde : l'engrenage ſervira donc uniquement dans le cas d'agitation du vaiſſeau. *Eſſ.* 2106, *Trait. des Horl. Mar.* 369.

38. 9°. Il faut que les deux bouts de chaque ſpiral ſoient attachés très-ſolidement, l'un à la virole portée par l'axe, & l'autre à la platine, de maniere que le piton ne puiſſe ni fléchir ni vibrer ; car ſans cela le mouvement de vibration que l'on donneroit au reſſort ſeroit bien-tôt détruit, puiſque ſa force ſe conſumeroit à ébranler le corps qui le retient ; & celui-ci ne reſtituant pas la même quantité de mouvement, les oſcillations diminueroient plutôt ; il arriveroit auſſi que les oſcillations ſe feroient en des temps différents de ce qu'elles ſeroient ſi le reſſort eût été fixé très-ſolidement. *Eſſ.* 2107, *Trait. des Horl. Mar.* 370.

39. 11°. La perfection des reſſorts ſpiraux eſt très-eſſentielle, & exige des ſoins infinis : il faut qu'ils ayent une bonne courbure, & que la force des lames ſoit ménagée, de ſorte qu'en vibrant, toutes les parties du reſſort ſe développent ; ils doivent être trempés très-dur. Pour cet effet, il faudra les tremper après qu'ils ſeront pliés ; de cette maniere ils reſtitueront une plus grande partie de la force qu'ils reçoivent : ainſi le balancier vibrera plus long-temps (1) *Eſſ.* 2108, *Trait. des Horl. Mar.* 371.

40. Il ne faut pas que les ſpiraux gênent les balanciers en preſſant les pivots contre les trous ; comme ils ſeront forts, une telle preſſion cauſeroit un frottement capable de troubler les vibrations ; ainſi lorſque les balanciers ſeront arrêtés & la machine poſée horizontalement ; il ne faut pas que les pivots touchent aux parois des trous ; c'eſt pour y parvenir que je diſpoſe le piton du ſpiral, de maniere à pouvoir l'approcher ou l'écarter du centre, & à l'arrêter avec deux fortes vis au point où le reſſort libre le porte. *Eſſ.* 2109, *Trait. des Horl. Mar.* 372.

41. La virole du ſpiral arrêtera le ſpiral au moyen de deux vis ; & le ſpital pourra monter & deſcendre ſur le piton & ſur la virole, de maniere à ne pas pouvoir être bridé ſelon la hauteur des lames. *Eſſ.* 2110, *Trait. des Horl. Mar.* 373.

42. Pour que le ſpiral, par ſon mouvement, ne porte pas les pivots du balancier tantôt d'un côté des trous, & tantôt de l'autre, il faut qu'il faſſe pluſieurs tours de lame, & que la virole du ſpiral ſoit bien au milieu du reſſort ; alors le balancier tournera ſans que ſon centre ſe meuve hors de l'axe. *Eſſ.* 2111, *Trait. des Horl. Mar.* 374.

43. 12°. Pour employer la moindre force motrice, les balanciers ne décriront que des arcs d'environ 20 degrés. *Eſſ.* 2112, *Trait. des Horl. Mar.* 375.

44. 13°. La force motrice ne ſera que de la quantité requiſe pour entretenir les vibrations du balancier. *Eſſ.* 2113, *Trait. des Horl. Mar.* 376.

45. 14°. La force motrice d'une telle machine ne peut etre un poids ; car les agitations du vaiſſeau tendroient à diminuer ou à augmenter ſon action ; j'employerai donc

(1) Plus le reſſort ſpiral ſera compoſé de parties d'arcs & plus auſſi le Balancier fera un grand nombres d'oſcillations ; c'eſt-à dire, qu'un reſſort ſpital qui eſt de bon acier bien trempé, eſt infiniment plus propre à conſerver le mouvement du Balancier & à lui faire produire des oſcillations iſochrones. *Eſſai*, N°. 1818.

un reſſort, dont la force ſera rendue uniforme au moyen d'une *fuſée*. *Eſſ.* 2114, *Trait. des Horl. Mar.* 377.

46. 15°. J'ai fait voir (1989) que plus un reſſort a de viteſſe, & fait des vibrations approchantes de celles d'un ſpiral de balancier, & plus un tel reſſort conſerve ſon élaſticité : je ne ferai donc marcher cette Horloge que 24 heures ſans remonter. *Eſſ.* 2115, *Trait. des Horl. Mar.* 378.

47. 16°. La force tranſmiſe par le rouage au régulateur, change néceſſairement par les frottemens, par l'épaiſſiſſement des huiles, par l'action du chaud & du froid ſur les huiles & ſur le reſſort moteur, &c; ainſi l'étendue des arcs décrits par les balanciers, doit auſſi changer de même que la durée des vibrations. Pour éviter ces petites inégalités, j'emploierai un échappement qui rende les oſcillations iſochrones, malgré l'inégalité de force motrice. *Eſſ.* 2116, *Trait. des Horl. Mar.* 379.

48. 17°. Dans une machine dont le moteur eſt un reſſort, on n'eſt pas maître d'appliquer très-exactement la force convenable pour entretenir les vibrations du régulateur : j'emploierai ici, pour ſuppléer à cette difficulté, une fourchette mobile, qui fera décrire de plus grands ou plus petits arcs au balancier, ſelon que je l'approcherai ou l'éloignerai du centre du balancier. *Eſſ.* 2117, *Trait. des Horl. Mar.* 380.

49. 18°. Pendant qu'on remontre une montre, elle s'arrête. Pour éviter ce défaut eſſentiel dans notre Horloge, nous emploierons une détente qui entretiendra le mouvement de la machine ; cette détente portera une piece qui recouvrira le trou du remontoir, enſorte qu'on ne puiſſe faire entrer la clef ſur le quarré ſans avoir deplacé la détente, & par conſéquent ſans la faire agir ſur le rouage. *Eſſ.* 2118, *Trait. des Horl. Mar.* 381.

50. 19°. Les roues du mouvement ſeront placées horizontalement, comme les balanciers ; ainſi leur peſanteur ſera portée par la pointe des pivots qui rouleront ſur des coquerets d'acier. *Eſſ.* 2119, *Trait. des Horl. Mar.* 382.

51. 20°. Les expériences que j'ai faites ſur les balanciers libres, m'ont appris que plus les vibeations ſont lentes, & plus l'impulſion qu'on donne au balancier ſe conſerve long-temps, d'où on voit qu'il ſeroit avantageux d'employer des vibrations lentes, parce qu'alors la force requiſe pour entretenir le mouvement du balancier, ſeroit très-petite ; mais il eſt bon d'obſerver, ainſi que nous l'avons fait (1865) que la quantité de mouvement d'un régulateur doit être grande, afin que les changements qui peuvent arriver dans les frottements & les huiles, ſoient dans un moindre rapport avec cette force ; je ferai donc chaque vibration d'une ſeconde, ce qui eſt préférable à des oſcillations plus lentes, ſur-tout pour ſervir à obſerver. *Eſſ.* 2120, *Trait. des Horl. Mar.* 383.

52. 21°. Enfin, je diſpoſerai un méchaniſme qui ſoit tel, que les impreſſions du chaud & du froid ne changent pas la dutée des oſcillarions des balanciers; & j'eſpere envenir auſſi heureuſement à bout que pour les Horloges aſtronomiques. Pour cet effet, je placerai ſur la cage des balanciers une verge compoſée de verges d'acier & de cuivre, à peu près ſemblables à la verge du pendule aſtronomique (*Planche XXIII, fig.* 12) : je ferai agir ſur la verge de cuivre du milieu le petit bout d'un grand levier ; & l'extrémité du grand portera une eheville qui fera mouvoir le rateau qui porte les chevilles, entre leſquelles le ſpiral d'un des balaneiers paſſe : ainſi lorſque la chaleur agiſſant ſur les ſpiraux, les affoiblira, & tendra à retarder les vibrations du régulateur, la même chaleur agira ſur les verges, & fera mouvoir le levier, & par conſéquent le rateau, & de ſorte qu'il accélérera les vibrations de la même quantité que l'affoibliſſement des ſpiraux l'a fait retarder, & compenſera ainſi les écarts que le chaud & le froid pourroient produire : voici en gros la route qu'il faudra tenir. *Eſſ.* 2121, *Trait. des Horl. Mar.* 384.

53. Lorſque l'Horloge marine ſera exécutée, je la placerai d'abord au froid de la glace ; & enſuite au chaud de 30 ou 40 de-

grés, afin d'eſtimer la variation que cette différence de température cauſe à l'Horloge: je noterai exactement ces écarts. Je placerai enſuite l'Horloge dans un air tempéré; j'avancerai le rateau ou porte-cheville du ſpiral, juſqu'à ce qu'il faſſe autant avancer l'Horloge, que le froid l'avoit fait avancer dans le temps douné de l'expérience; je placerai enſuite le rateau en arriere, & ferai retarder l'Horloge de la même quantité que la chaleur l'a fait retarder, avant attention que peudant tout ce temps l'Horloge ſoit à la même tempétature; je marquerai ſur la platine les points où a été conduit le rateau; cela connu, j'aurai la quantité dont il faudroit tourner ce rateau, pour conſerver les oſcillations des balanciers iſochrones, quoiqu'ils éprouvaſſent le froid de la glace, & paſſaſſent enſuite à 30 ou 40 degrés de chaleur. Je compoſerai donc en conſequence la verge de compenſation, avec plus ou moins de verges, ſelon la quantité de mouvement que devra faire le rateau; cela donnera auſſi les dimenſions du levier de compenſation, & la diſtance où il devra agir ſur le rateau ou porte-cheville du ſpiral; mais je me réſerverai encore un moyen de changer ces dimenſions, en rendant mobile la cheville du grand levier de compenſation, afin de la faire agir plus loin ou plus près du centre du rateau, & par conſéquent de lui faire parcourir plus ou moins d'eſpace, & de corriger, ſelon qu'il ſera beſoin, ces rapports. afin que la compenſation ſe faſſe exactement lorſque l'Horloge ſera expoſée à différentes températures. *Eſſ.* 2122, *Traité des Horl. Mar.* 385.

Tels ſont en abrégé les principes de conſtruction que j'avois établis ſur ma premiere Horloge marine avant que de travailler à ſon exécution.

54. Le Chapitre XLII, ſeconde Partie de l'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, contient enſuite la Deſcription de cette Horloge N°. 1. Ce Chapitre a pour titre *Deſcription de l'Horloge Marine*, que j'ai compoſée pour ſervir à la Navigation & à déterminer les Longitudes en mer. Cette deſcription comprend depuis le N°. 2125 juſqu'à celui 2164.

55. Le Chapitre XLIII, traite des détails de Main-d'Œuvre, Calcul & Expérience concernant l'Horloge Marine.

56. Des Reſſorts ſpiraux des Balanciers, 2165.

57. Des Agathes dans leſquelles roulent les pivots de Balancier, 2169.

58. De l'Echappement Iſochorone, 2174 & ſuiv.

59. Des Verges de compenſation pour corriger les effets du chaud & du froid, 2182 & ſuiv. juſqu'à 2208.

60. Le Chapitre XLIV contient la conſtruction d'une Horloge Marine plus ſimple que celle N°. 1. 2210.

61. Des obſtacles que cauſe le Reſſort employé pour moteur d'une Horloge Marine, 2212 & ſuiv.

62. Du poids Moteur de l'Horloge Marine, 2217.

63. Le Régulateur de cette Horloge doit être un ſimple Balancier, 2219.

64. L'Echappement iſochrone (2220).

65. Le Balancier n'aura que ſix pouces de diametre (2223).

66. Les Vibrations ſeront d'une ſeconde (2224).

67. Le Méchaniſme de compenſation ſemblable à celui de l'Horloge N°. 1. 2225.

68. Les Secondes ſeront excentriques pour rendre le Rouage plus ſimple, 2226. La Deſcription de cette Horloge vue Planche XXIV, de l'Eſſai, commence au N°. 2227 juſqu'à 2234, & les détails du poids, de la détente, de la ſuſpenſion, &c. depuis le N°. 2235 juſqu'à celui 2241.

69. Suit enſuite la Deſcription d'une autre Horloge Marine à un ſeul Balancier horizontal & ſuſpendu: cette Horloge eſt

à

à poids; & décrite page 297, ſeconde Partie; elle eſt vue Planche XXXV de l'*Eſſai*.

70. Cette Horloge eſt à ſecondes d'un ſeul battement. Les ſecondes ſont excentriques. Le Méchaniſme de compenſation, &c. comme dans N°. 1, & dans l'Horloge projetée Chap. XLIV, ſeconde Partie de l'*Eſſai*.

Sur la cauſe qui tend à diminuer la force des Reſſorts, &c.

71. Si on ſuſpend on poids très-peſant à un fil d'acier infiniment petit; que dans cet état on l'expoſe à une chaleur un peu forte, le fil s'alongera d'une plus grande quantité qu'il n'auroit fait, s'il n'avoit pas été chargé du poids; puiſque la chaleur, en écartant les parties des matieres, affoiblit néceſſairement le fil, & que la grande peſanteur du poids aide encore à les écarter: or, ſi on expoſe enſuite ce même fil à la température où il étoit expoſé avant que de le chauffer, l'action du froid ne ſera pas aſſez grande pour rapprocher les parties de matiere du fil; ces parties n'étant pas en aſſez grande quantité, & le poids y mettant obſtacle, le fil reſtera plus long, & aura moins de force qu'il n'avoit avant cette épreuve. *Eſſ.* 1980. *Trait. des Horl. Mar.* 173.

72. La même choſe arrivera, ſi au lieu d'un fil & d'un poids, on ſuppoſe un reſſort que l'on tende fortement & qu'on expoſe enſuite à la chaleur; la force qui tient le reſſort tendu, fera ſur le reſſort le même effet que produit le poids ſur le fil; c'eſt-à-dire, que l'extenſion du reſſort ſera plus grande lorſqu'il eſt tendu, qu'elle n'auroit été s'il ne l'eût pas été, & que le froid n'aura pas une action ſuffiſante pour rendre au reſſort la même force qu'il avoit auparavant. Un reſſort continuellement tendu perd donc de ſa force; & la cauſe de cette perte eſt due à l'extenſion que cauſe la chaleur; car ſi le reſſort reſtoit toujours à la même température, il ne perdroit rien de ſa qualité élaſtique. *Eſſ.* 1981 *&* 1982. *Trait. des Horl. Mar.* 174.

73. Si l'on redonne un degré de tenſion au reſſort, de ſorte qu'elle ſoit de la même quantité qu'avant l'épreuve précédente, le reſſort expoſé de la même maniere, perdra encore un degré de force; & ſi on continue à le tendre à meſure qu'il perd ſa force, il perdra à la longue une partie aſſez conſidérable de ſon élaſticité. *Eſſ.* 1983. *Trait. des Horl. Mar.* 175.

74. Si on ſuppoſe le même reſſort dans ſon premier état, mais qu'il ſoit chargé d'un poids attaché à l'une de ſes extrémités; ſi on donne au reſſort & au poids qu'il porte un mouvement de vibration, en ſorte que le reſſort & le poids qu'il porte aille & revienne continuellement ſur lui-même par de promptes vibrations; que dans cet état on faſſe ſouffrir au reſſort un degré de chaleur, pareil à celui de l'épreuve précédente, le reſſort ne s'alongera pas d'une plus grande quantité, que s'il ne portoit pas de poids; car la réaction continuelle du reſſort ſur lui-même, empêchera l'effet du poids; & ſi on expoſe enſuite ce reſſort au froid, l'action du froid rendra au reſſort la force que lui avoit fait perdre la chaleur. *Eſſ.* 1984. *Trait. des Horl. Mar.* 176.

75. Il ſuit de la premiere propoſition, que ſi on fait une montre, dont le reſſort ſoit long-temps à ſe développer, ce reſſort demeurera long-temps tendu, & éprouvera les mêmes effets que s'il n'avoit pas de mouvement; ainſi il éprouvera dans la même ſituation divers changements de température qui diminueront ſa force. *Eſſ.* 1985. *Trait. des Horl. Mar.* 177.

76. Il ſuit de la deuxieme propoſition, que le reſſort ſpiral d'une montre ne doit perdre de ſa force que celle du frottement des parties qui le compoſent; & que ſi la chaleur l'alonge d'une certaine quantité, le froid le raccourcit & le remet toujours au même état, ſans que l'oppoſition du poids de balancier y mette obſtacle. Enfin il réſulte de ces deux propoſitions, que le reſſort d'une montre perdra d'autant moins de ſa force, qu'il ſera moins long-temps tendu, & que ſon mouvement approchera des

vibrations du reſſort ſpiral, & que par conſequent le reſſort d'une montre que l'on remonte tous les jours, perd infiniment moins de ſa force, que celui d'une montre à huit jours, à un mois, ou à un an, & qu'il en perdroit moins encore ſi on le remontoit plus ſouvent. *Eſſ.* 1986. *Trait. des Horl. Mar.* 178.

77. Tous les reſſorts ne perdent pas également de leur force, quoiqu'ils éprouvent les mêmes degrés de tenſion : cette différence depend de la nature de la matiere du reſſort, & du degré de dureté des parties qui la compoſent; ainſi l'acier, dont les pores ſont fins & ſerrés lorſqu'il eſt bien trempé, perd une moindre quantité de ſa force; il eſt vrai que plus les pores de l'acier ſont ſerrés, & qu'il eſt trempé dur, plus auſſi il eſt ſujet à caſſer par le froid. *Eſſ.* 1987. *Trait. des Horl. Mar.* 179.

Balance Elaſtique.

78. J'avois deſtiné cette machine pour faire des expériences ſur la durée des vibrations grandes & petites d'un même balancier qui ſe meut librement : pour cet effet, je faiſois rouler la pointe de l'axe ſur une pierre fort dure, & pour diminuer le frottement des pivots, ils rouloient chacun entre trois rouleaux. Je devois obſerver le nombre de vibrations que faiſoit le balancier, lorſqu'il ſe mouvoit horizontalement ou verticalement, la viteſſe des vibrations, ſelon la différence des températures; enfin elle devoit ſervir à meſurer les différens degrés de force d'un même ſpiral, ſelon qu'il étoit plus ou moins tendu. *Eſſ.* 512. *Trait. des Horl. Mar. pages* 57, 547, & N°. 1144.

79. Je ne rapporterai point ici ces expériences; elles ne ſont pas aſſez exactes pour pouvoir y compter; mon temps ne m'a pas permis de les ſuivre, n'en ayant pas eu beſoin, excepté celles de l'action du chaud & du froid ſur un balancier qui ſe meut librement avec ſon ſpiral : mais nous avons ſuivi avec beaucoup de préciſion cet objet dans la ſeconde Partie en traitant de notre Horloge Marine. *Eſſai* N°. 513.

Echappement Iſochrone.

80. Nous imaginons que ſi l'on vouloit faire une montre, la plus parfaite qu'il eſt poſſible, & propre à meſurer le temps ſur mer, on y parviendroit en faiſant un échappement pareil à celui deja cité; mais à cela près que cet échappement ne ſeroit pas porté par l'axe même du balancier : l'axe de l'echappement porteroit un rateau denté, dont les dents engreneroient dans un pignon porté par l'axe du balancier : de cette maniere le balancier parcourroit de grands arcs, & l'échappement de fort petits. Les arcs de levée de l'échappement feroient parcourir des grands arcs au balancier, & les arcs de ſupplément du balancier ſeroient très-petits. *Eſſ. ſur l'Horl.* N°. 1932. On peut en voir la deſcription Eſſai N°. 1933, & le plan dans la Figure 5, Planche XXIII.

Corrections & Additions.

PAGES.

17 ligne 4 du texte, par en-bas : ne paroît pas, *liſez*, ne paroiſſoit pas.
18 ligne 11 : par lequel, *liſez*, pour lequel.
22 ligne 1ere de cette importante, *liſez*, à cette importante.
29 ligne 4 de la Section premiere : prouvées, *liſez*, prouvée.
36 ligne 1 : *fourni*, liſez, *fournies*.
38 ligne 2 : reconnues, *liſez*, reconnu.
57 ligne 6 de la ſeconde Section : revendiqner, *liſez*, revendiquer.
ibid. ligne 3 de la note (*b*) : à l'un des Commiſſaires, *liſez*, à MM. les Commiſſaires.
72 ligne 10 par en-bas : il peut, *liſez*, il pût.
ibid. même ligne : il rétablira, *liſez*, il ſe rétabliroit.
81 ligne derniere : préſentoit, *liſez*, projetoit.
87 ligne 19 : l'erreur des 3 degrés, *liſez*, de 3 degrés.
ibid. ligne 26 : n'ont pas pu être, *liſez*, n'ont pas été.
ibid. ligne 9 par en-bas : 101 d. 25′, *ajoutez* : nous donnons cette Longitude telle qu'on la trouve dans le *Voyage en Californie* (page 104) où il eſt dit qu'elle eſt de 6 h. 45′ 9″ ou 101 d. 25′ : il ſemble cependant que 6 h. 45′ 9″ valent en parties de l'Equateur, 101 d. 17′ ½.
88 ligne 4 : 104 9′, *liſez*, 104 d. 9′.
ibid. ligne 6 : 2 d. 44′, *ajoutez* : nous avons donné cette différence telle qu'on la trouve dans le *Voyage en Californie* (page 106); mais il nous ſemble qu'elle devroit n'être que de 1 d. 41′ : car il eſt dit, à la page 105 du *Voyage*, que la vraie Longitude de Mexico, déduite du paſſage de Vénus, eſt de 6 h. 49′ 52″ : cette différence de Méridiens, réduite en parties de l'Equateur, donne 102 d. 28′; or, la différence de cette quantité à 104 d. 9′, Longitude de Mexico ſelon D. J. de Alzate, à laquelle on compare la premiere, eſt de 1 d. 41′, & non pas de 2 d. 44′.
ibid. ligne derniere du texte : 46 jours, *liſez*, 40 jours.
89 ligne premiere le 15 Juillet, *liſez*, le 20 : le 30 Août, *liſez*, le 29.
94 ligne 13 : de cette intervalle, *liſez*, de cet intervalle.
ibid. ligne 15 : le 24 Juin, au Havre, *liſez*, le 24 Mai.
95 ligne 4 : (ci-devant page 91), *liſez*, page 89.
97 ligne 4 : pendant 14 jours, *liſez*, 20 jours.
ibid. ligne 5 : 24 Mai, *liſez*, 18 Mai (les obſervations du Havre qui ont ſervi à conſtater l'accélération journaliere de 27″ ½, avoient commencé le 18 Mai, & fini le 24. Voyez pages 82 & 86 du *Journal* de M. L. M. de C.)
ibid. ligne 9 : 14 jours, *liſez*, 20 jours.
ibid. ligne 10 : 14 jours, *liſez*, 20 jours.
115 ligne 6 par en-bas : du 24 au 25, *liſez*, dès le 25.
134 ligne 7 : aſſemblé, *liſez*, aſſemblée.
135 ligne 3 par en-bas : 0, 44, *liſez*, 0, 34.

APPROBATION.

J'AI lu par ordre de Monſeigneur le Chancelier un Manuſcrit qui a pour titre : *Eclairciſſemens ſur l'Invention, la Théorie, la Conſtruction & les Epreuves des nouvelles Machines propoſées en France pour la détermination des Longitudes en mer par la Meſure du Temps, &c.* par M. FERDINAND BERTHOUD ; & je n'y ai rien trouvé qui puiſſe en empêcher l'impreſſion. A Paris le 8 Décembre 1773.

DE LA LANDE, *Cenſeur Royal.*

Digitized by Google

ESSAI SUR L'HORLOGERIE;

Dans lequel on traite de cet Art relativement à l'uſage civil, à l'Aſtronomie & à la Navigation, en établiſſant des Principes confirmés par l'expérience.

Dédié aux Artiſtes & aux Amateurs.

Par M. FERDINAND BERTHOUD, *Horloger à Paris.* *

Deux Volumes, *in-quarto*, de chacun 450 pages environ, ſans compter les Tables, le Diſcours Préliminaire & le Plan du Livre; avec trente-huit Planches en taille-douce, gravées avec beaucoup de ſoin.

Se débitera à Paris au commencement de Janvier 1763, chez C. A. JOMBERT, *Libraire, rue Dauphine, à la belle Image;* PANCKOUCKE, *Libraire, rue & près la Comédie Françoiſe;* & MUSIER *fils, Libraire, quai des Auguſtins.*

Le prix ſera de vingt-ſept livres (*argent de France*) *relié en deux volumes.*

L'ART de l'Horlogerie ſi long-temps ignoré a acquis de nos jours un très-grand degré de perfection du côté de la main-d'œuvre; mais on n'avoit pas encore tenté de réduire cette ſcience en principes. Les Auteurs qui en ont écrit juſqu'à préſent, ſe ſont contentés de décrire les pièces d'Horlogerie les plus en uſage, & de traiter chacun à ſa maniere de quelques ſoins de pratique. Delà eſt venue la variété que l'on s'eſt permiſe dans la fabrication des Pendules & des Montres. Ce n'eſt cependant que d'après des principes bien établis, que l'on peut parvenir au point de conſtruire & d'exécuter ces Machines, pour les mettre en état de meſurer le temps avec la plus grande préciſion.

C'eſt pour répondre au deſir des amateurs de cet Art, & au beſoin des fabricateurs d'Horlogerie que l'Auteur de cet Ouvrage s'eſt déterminé à faire part au Public de tout ce qu'il eſt parvenu à découvrir ſur cette ſcience par un travail conſtant & déſintéreſſé qui l'occupe depuis plus de dix ans, & par l'étude particuliere qu'il a faite des principes de méchanique, & ſurtout par un grand nombre d'expériences tendantes à vérifier ces principes.

Cet Ouvrage eſt donc le fruit d'une étude longue & pénible, & l'Auteur n'y fait myſtere d'aucune des choſes qu'il a appriſes: il y expoſe les principes ſur leſquels il eſt parvenu à compoſer non-ſeulement des Horloges à pendule, qui ne varient ni par le chaud ni par le froid; des Horloges Marines pour ſervir aux longitudes, &c; mais encore à établir une théorie ſur les Montres, vérifiée par l'expérience, & au moyen de laquelle il conſtruit auſſi des Montres qui ne varient point par les différentes températures; choſe à laquelle on n'avoit oſé penſer juſqu'à préſent.

Le but de l'Auteur étant d'inſtruire les Artiſtes & les Amateurs, il ne ſe contente pas de les guider par des principes mis à leur portée, il entre encore dans tous les détails de pratique ſur les Pendules & les Montres; enſorte qu'avec un peu de réflexion une perſonne qui n'auroit même aucune teinture de l'Art, pourroit parvenir à exécuter des Pendules & des Montres qui marcheroient avec juſteſſe.

L'Ouvrage entier eſt diviſé en deux Parties qui forment chacune un volume. La premiere Partie comprend XXXVI Chapitres, qui traitent principalement des deſcriptions des Machines ordinaires d'Horlogerie, comme Pendule à ſecondes, ſonnerie d'un an, Horloges à répétition, à équation, &c. Des Montres; Montres à reveil, à répétition, à équation, à 4 parties, & pluſieurs inſtruments & outils les plus eſſentiels, &c; de tous les détails de main-d'œuvre d'une Répétition en Pendule. Dix neuf Planches jointes au premier Volume, ſont relatives à l'objet de cette Partie.

La ſeconde Partie eſt diviſée en XLVII Chap. qui traitent particuliérement des principes & de la théorie de l'art, de la meſure du temps; grand nombre d'expériences & de machines faites pour vérifier ces principes; la conſtruction qu'il faut donner aux machines qui meſurent le temps, tant dans les Horloges aſtronomiques, que dans les Montres & les Horloges Marines, &c. Dix-neuf Planches gravées en taille-douce, ſont relatives aux matieres traitées dans ce Volume. Nous allons parcourir la totalité de cet Ouvrage, pour donner une notice de ce qu'il contient.

PREMIERE PARTIE. Le Chap. I, traite de la diviſion du temps, qui eſt meſuré par les révolutions du ſoleil: on fait voir que le ſoleil varie, & l'on explique les cauſes de ces écarts: Chap. II. Pour parvenir à faire concevoir parfaitement les divers effets de cette partie d'une Horloge qui meſure le temps, l'Auteur ſuppoſe, que n'ayant aucune notion des machines qui meſurent le temps, on veut en compoſer une. Pour cet effet, il paſſe des idées les plus ſimples & par gradation, au point de former la machine; & l'on acquiert par cette méthode des idées générales, nettes & juſtes de chaque partie des Horloges: Au Chap.

* *Cet Auteur eſt déja connu par les Articles d'Horlogerie qu'il a fait pour l'Encyclopédie; par différents Ouvrages de ſon invention, préſentés à l'Académie Royale des Sciences; par le Livre de l'Art de conduire & de régler les Pendules & les Montres, &c.*

* *On trouvera auſſi chez les mêmes Libraires le Livre de l'Art de conduire & de régler les Pendules & les Montres.*

III, Deſcription d'une Pendule à ſecondes, à ſonnerie : Chap. IV & V, ſur les ſonneries. Deſcription d'une ſonnerie d'un an. Chap. VI & VII, Notion générale des répétitions, avec la deſcription de ce méchaniſme. Pour parvenir à donner des notions nettes des Montres, l'Auteur ſuppoſe que l'on ne connoit point le méchaniſme de ces ingénieuſes machines, & que l'on veut en compoſer une ; il fait voir par gradation, comment on pourroit y parvenir ; c'eſt l'objet du Chap. VIII. Le IX eſt la deſcription d'une Montre ordinaire : Chap. X, Deſcription d'une Montre à répétition : Chap. XI, Deſcription d'une Montre à réveil : Chap. XII, de l'Équation ; ſes effets. Les Chap. XIII, XIV, XV, XVI, XVII & XVIII, contiennent des deſcription de différentes ſortes d'Équation pour les Pendules & pour les Montres : Montres d'un mois ſans monter à répétition, ſecondes, équation, &c. Chap. XIX, on entre dans les détails d'exécution de ces machines : Chap. XX, de l'uſage des Tables d'équation jointes à ce Livre. Les Chap. XXI, XXII, XXIII & XXIV, ſont des deſcriptions d'échappements pour les Pendules ou pour les Montres : Chap. XXV, de la machine à fendre les roues : Chap. XXVI, de l'outil à tailler les fuſées. Les Chap. XXVII, XXVIII & XXIX, ſont des deſcriptions des outils les plus eſſentiels qui ſervent à la pratique de l'Art : Chap. XXX, Deſcription d'une Montre à trois parties : Chap XXXI, de quelques ſoins de conſtruction & d'exécution des Montres. Chap. XXXII & XXXIII, Examen des cauſes d'arrêts & de variations des Montres & des Pendules : Chap. XXXIV, ſur les nouvelles productions d'Horlogerie : Chapitre XXXV, des Baromettres & Thermometres à aiguille. Enfin, on termine cette premiere Partie par tout les détails de main-d'œuvre pour l'entiere exécution d'une Pendule à répétition : cela forme le Chapitre XXXVI qui eſt de 260 pages.

II. PARTIE.

Pour parvenir à établir une théorie ſur les machines qui meſurent le temps, objet de la ſeconde Partie, l'Auteur commence dans le premier Chapitre par démontrer les loix de l'équilibre dans le ſimple levier. Ce principe établi, il l'emploie à faire entendre comment les roues, qui ne ſont que des compoſés de leviers, agiſſent les unes ſur les autres : c'eſt le but du Chapitre II. Dans le III, on donne des regles générales pour meſurer la force tranſmiſe par le moteur à la derniere roue d'un rouage. On examine dans le Chapitre IV les effets des mauvais engrenages. Au Chap. V, on demontre les courbes que doivent avoir les dents des roues & pignons. Les Chapitres VI, VII & VIII, traitent du calcul des tonages, ſoit pour trouver les nombres des dents des roues & pignons, quand on compoſe une Pendule ; ou, cette machine ou Pendule étant faite, pour ſavoir les révolutions que les roues font, & pour trouver le nombre de dents des tochets relativement à la longueur d'un pendule donné. Les Chapitres IX & X traitent des loix du pendule ſimple & de ſes propriétés. On recherche dans le Chap. XI, la meilleure maniere de ſuſpendre un pendule ; & dans le XII, comment doit être la lentille pour éprouver une moindre réſiſtance de l'air. Chap. XIII, Expériences ſur les réſiſtances de l'air. Chapitres XIV & XV, calcul de la force requiſe pour entretenir en mouvement un pendule : ce qui conduit à la meilleure maniere de régulateur. L'Auteur traite dans les Chapitres XVI & XVII des pendules qui ſont mus par l'action inégale des reſſorts ; des effets des échappements ; & de la machine qu'il a conſtruite pour faire des expériences ſur cette matiere, &c. Il traite dans le Chap. XVIII de la dilatation & contraction des métaux par le chaud & le froid : Chap. XIX, du Pyrometre qu'il a compoſé pour meſurer les effets des métaux ; & Chap. XX, il donne le précis des expériences qu'il a faites là-deſſus. Chap. XXI, des écarts que la différence de la température cauſent aux Horloges à pendule. L'Auteur traite dans les Chap. XXII & XXIII, de la conſtruction de pluſieurs verges compoſées pour compenſer les effets du chaud & du froid : Chapitre XXIV, Deſcription d'une Horloge aſtronomique, à ſecondes concentriques, allant un an : Sonnerie de ſecondes pour faciliter les obſervations pour les Aſtronomes.

Après avoir traité des parties les plus eſſentielles des Horloges à pendule, l'Auteur a entrepris de parcourir tout ce qui peut contribuer à la juſteſſe des Horloges portatives, & à établir une théorie ſur les Montres. Pour cet effet, il examine dans le Chapitre XXV, le Balancier ſimple ; & Chap. XXVI, les propriétés du Spiral : Chap. XXVII, les conditions du meilleur régulateur de Montre. Il démontre dans le Chapitre XXVIII, tout ce qui eſt relatif au Balancier, poids, grandeurs, viteſſes, &c : Chap. XXIX, l'Auteur traite des frottements, de leurs effets ; des huiles, &c. Il donne dans le Chap. XXX, deux propoſitions qui ſervent de baſe à la théorie qu'il établit pour les compenſations du chaud & du froid ſur les Montres. Le Chap. XXXI contient pluſieurs expériences qui confirment cette théorie : Chap. XXXII, des effets des échappements dans les Montres, leurs propriétés, &c. Il donne dans le Chapitre XXXIII, des principes ſur la force de mouvement des Balanciers, & on en fait l'application dans le Chap. XXXIV, pour trouver les peſanteurs des Balanciers, forces de reſſorts, étendue de vibration, &c : Chap. XXXV, l'Auteur y établit quelques principes ſur les Reſſorts : on trouve dans le Chap. XXXVI, la deſcription d'une Montre à ſecondes concentriques de ſa façon ; & Chap. XXXVII, la deſcription d'une Montre à 8 jours à ſecondes, régulateur à deux balanciers.

L'Horloge aſtronomique décrite dans le Chap. XXIV, n'ayant pas autant approché de la perfection que l'Auteur le deſiroit, il a travaillé à une nouvelle Horloge, dans la conſtruction de laquelle il a raſſemblé tout ce que l'étude & l'experience ont pu lui apprendre ; auſſi a-t-elle parfaitement réuſſi : cette Horloge fait l'objet des Chap. XXXVIII & XXXIX.

Après avoir travaillé avec ſuccès à la perfection des Horloges aſtronomiques & des Montres, l'Auteur a formé le projet de conſtruire une Horloge Marine pour ſervir aux longitudes : c'eſt l'objet de quatre Chapitres. Pour parvenir au but qu'il ſe propoſe, il donne dans le Chap. XL, une notion des longitudes & de leur utilité en mer ; de l'uſage de l'Horlogerie pour parvenir à leur découverte. Le Chap. XLI traite des principes qu'il a ſuivis pour la compoſition d'une Horloge Marine, laquelle eſt décrite Chap. XLII ; & d'après l'exécution qu'il en a faite, il donne dans le Chap. XLIII les détails de main-d'œuvre, & les expériences faites avec cette machine. Il propoſe dans le Chap. XLIV, la conſtruction d'une Horloge Marine plus ſimple & moins coûteuſe que celle qu'il a exécutée : il donne auſſi le plan de cette machine : ce Chapitre eſt terminé par la deſcription d'une troiſieme Horloge qu'il croit préférable aux précédentes : il ne l'a pas exécutée, mais il en donne le plan.

Le Chap. XLV contient quelques additions & expériences relatives à la perfection des Horloges aſtronomiques. Le Chap. XLVI contient des additions à pluſieurs parties des Montres ; ſur les frottements, compenſation du chaud & du froid, &c : on y trouvera la deſcription de pluſieurs inſtrumens eſſentiels à la perfection des Montres, & entr'autres une machine à fendre & à tailler les roues de cylindre & roues de rencontres enarbrées ; de l'exécution de l'échappement à cylindre, &c. Enfin pour terminer cet Ouvrage, l'Auteur traite dans le Chapitre XLVII, de la conſtruction & de l'exécution d'une bonne Montre ; & il fait concourir tout ce qui peut la porter à la plus grande perfection ; il entre dans tous les détails de ſa conſtruction & dans les plus eſſentiels de ſon execution.

Digitized by Google

TRAITÉ DES HORLOGES MARINES,

Contenant la Théorie, la Conſtruction, la Main-d'œuvre de ces Machines, & la Maniere de les éprouver, pour parvenir par leur moyen à la rectification des Cartes marines, & à la détermination des Longitudes en mer; avec Figures en Taille-douce.

Dédié à SA MAJESTÉ, & publié par ſes ordres, par M. FERDINAND BERTHOUD, Horloger Méchanicien du Roi & de la Marine, ayant l'inſpection de la conſtruction des Horloges marines, Membres de la Société Royale de Londres.

A Paris, chez J. B. G. MUSIER *Fils, Libraire, quai des Auguſtins, à S. Etienne.* (*)

Ce Traité eſt diviſé en quatre Parties : la premiere contient la Théorie ſervant à la conſtruction des Horloges marines : la ſeconde, de la conſtruction des Horloges marines, leur Deſcription, Expériences, Epreuves, &c. la troiſieme, de la main-d'œuvre de ces machines, les outils, inſtrumens ſervant à les exécuter : la quatrieme Partie traite des épreuves, & opérations par le moyen deſquelles on peut donner aux Horloges marines toute la perfection dont elles peuvent être ſuſceptibles.

La premiere Partie eſt diviſée en huit Chapitres : Chap. I, du degré de juſteſſe que doit avoir une Horloge marine, des obſtacles à vaincre pour faire ſervir les Horloges à la navigation. II. Notions préliminaires ſur la conſtruction des Horloges marines pour ſervir à la théorie de ces machines. III. Des frottemens & des effets que cauſent les huiles employées dans les machines qui meſurent le tems. IV. Du régulateur des Horloges marines (*) ce Chapitre eſt diviſé en 3 articles. 1. *Du Balancier & des Roulemens* : Principes ſur les forces de mouvement des Balanciers : Principes pour ſervir à trouver les dimenſions les plus favorables à donner au Balancier pour qu'il ait le moindre frottement : quelle doit être la nature des Balanciers ſelon les diverſes agitations qu'ils doivent éprouver : de la maniere de déterminer la peſanteur & le diamètre du Balancier. Art. 2. *De l'Iſochroniſme des vibrations du Balancier par le ſpiral* : Examen des effets qui réſultent de l'inégalité dans les arcs de vibration, ſoit qu'elle ſoit produite par les changemens de la force motrice ou par les agitations du vaiſſeau : comment on peut obtenir par le ſpiral l'iſochroniſme des vibrations du Balancier : ſur les lames d'acier ſervant à faire des reſſorts ſpiraux : des qualités eſſentielles qu'il faut réunir dans un reſſort ſpiral, pour que par ſon application au Balancier il produiſe la plus grande quantité de mouvement & conſerve ſes propriétés : Principes pour ſervir à donner au reſſort la figure ſpirale & à la lui faire conſerver : du rapport qu'il y a entre la peſanteur du Balancier & la force du ſpiral : Expériences faites ſur la progreſſion de la force des reſſorts ſpiraux : ſur la trempe des reſſorts ſpiraux. Art. 3. *Méchaniſme de compenſation* : de l'action du chaud & du froid ſur le Régulateur d'une Horloge marine : des moyens de compenſer les effets du chaud & du froid : des changemens qui arrivent dans la compenſation par les réſiſtances qui réſultent des huiles & des frottemens : de la compenſation du chaud & du froid par les huiles & les frottemens des pivots de Balancier. Chap. V. De l'Echappement. VI. Du Rouage des Horloges marines. VII. Du Moteur d'une Horloge marine : Comparaiſon du poids moteur avec le reſſort : préférence du poids, du rapport qu'il doit y avoir entre le Moteur & le Régulateur. VIII. De la ſuſpenſion des Horloges marines.

La deuxieme Partie eſt diviſée en quinze Chapitres. Chap. I. Des principes que l'Auteur a ſuivi dans la compoſition de l'Horloge marine N°. 1. Chap. II Deſcription de l'Horloge N°. 1. Détail de main-d'œuvre, Expériences, &c. Chap III. Conſtruction d'une Horloge marine plus ſimple que la premiere : du poids employé pour Moteur : Deſcription, &c. IV. De l'Horloge marine N°. 2. Le Régulateur a deux Balanciers. Deſcription, Expériences, Défauts, &c. V. De la Montre marine N°. 3. Sa Deſcription, diverſes Expériences, Epreuves, Corrections, &c. VI. De l'Horloge N°. 4. VII. De l'Horloge marine à pendule, ou N°. 1. Moyens de rendre iſochrones les vibrations du pendule. VIII. De l'Horloge marine N°. 6. Sa Deſcription, diverſes Expériences, Réſultats des épreuves faites en mer : corrections, moyens de perfectionner cette machine, &c. IX. De l'Horloge marine N°. 7 : ſa Deſcription, ſes Dimenſions, &c. Chap. X. De l'Horloge marine N°. 8. Principes de ſa conſtruction. Sa Deſcription, diverſes expériences, réſultats des épreuves qui ont été faites en mer en deux grands voyages : Correction, &c. XI. De l'Horloge marine N°. 9. XII. De l'Echappement à vibration libre : ſon application à la Montre marine N°. 3, & aux Horloges N°. 4, N°. 9, &c. XIII. Conſtruction de l'Horloge marine, N°. 10. Sa deſcription, &c. XIV. De la conſtruction d'une Horloge marine N°. 11. pour être la plus ſimple. Sa deſcription, expériences, &c. XV. De la Montre marine pour porter l'heure au vaiſſeau.

La troiſieme Partie contient deux Chapitres. Le premier renferme la deſcription & l'uſage des inſtrumens & outils néceſſaires pour rendre l'exécution des Horloges marines plus parfaite. La deuxieme traite de la main-d'œuvre des Horloges marines.

La quatrieme Partie eſt diviſée en quatre Chapitres. Chap. I. De la maniere dont on doit vérifier la marche d'une Horloge aſtronomique néceſſaire pour y comparer celle de l'Horloge marine : deſcription de l'inſtrument des paſſages du compteur & de l'inſtrument des hauteurs correſpondantes : des vérifications qu'il eſt néceſſaire de faire à l'inſtrument des paſſages, le placer : des hauteurs correſpondantes, &c. Obſerver le midi à l'inſtrument des paſſages, régler l'Horloge, &c. Régler une Horloge par les étoiles fixes. Chap. II. Des diverſes épreuves qu'il faut faire ſubir aux Horloges marines pour leur donner la plus grande juſteſſe, &c 1°. Eprouver le ſpiral pour l'iſochroniſme : régler l'Horloge par les maſſes du Balancier : ajuſter & fixer le poids moteur : de la durée du mouvement libre du Régulateur : éprouver l'Horloge du chaud au froid : de l'étuve : régler la compenſation : obſerver ſi l'étendue des arcs de vibration ne varie pas : dreſſer la table d'équation pour la température : calculer la force de mouvement du Régulateur pour en conclure ſes avantages

(*) *On trouve chez le même Libraire un nouvel Ouvrage de M. Ferdinand Berthoud, lequel a pour titre :* Eclairciſſemens ſur l'Invention, la Théorie, la Conſtruction & les Epreuves des nouvelles Machines propoſées en France pour la détermination des Longitudes en mer par la meſure du temps, ſervant de ſuite à *l'Eſſai ſur l'Horlogerie* & au *Traité des Horloges marines*.

ou défauts, &c. Chap. III. Addition à l'Horloge, N°. 11. Chap. IV. Addition à l'Horloge N°. 8. Extrait de ſa marche pendant le voyage qu'elle a fait ſur la Flore. longitude conclue, &c.

Ce Traité eſt terminé par un Appendice qui contient pluſieurs piéces juſtificatives relativement au travail des Horloges marines de M. Berthoud, & qui conſtatent l'ancienneté des recherches de l'Auteur ſur cette matiere. 1°. Le dépôt fait à l'Académie Royale des Sciences le 10 Novembre 1754, d'un Mémoire qui contenoit déja la conſtruction d'une Horloge marine dont M. B. s'étoit dès-lors occupé. 2°. Le Rapport de l'Académie ſur l'Horloge marine, N°. 1, & des Mémoires déposés en 1760 & 1761 ſur la conſtruction de cette machine; Mémoires ſur la conſtruction d'une Horloge marine, d'une Montre marine, d'une Montre aſtronomique & d'une Horloge marine à pendules déposées avec neuf deſſins à l'Académie le 29 Aout 1764. Mémoire lû à la rentrée publique de l'Académie du 14 Novembre 1764, ſur les obſervations faites par ordre du Roi pour l'examen de la Montre marine de M. Berthoud, éprouvée à Breſt par M. l'Abbé Chappe. Extrait d'un Mémoire déposé à l'Académie le 10 Février 1768, contenant la deſcription abrégée des Horloges marines N°. 6 & N°. 8, & le précis de la theorie de M. B. ſur l'iſochroniſme de vibration du Balancier par le ſpiral. Rapport de l'Académie ſur l'épreuve des Horloges marines, N°. 6 & N°. 8, &c.

EXTRAIT du Journal des Savans du mois d'Octobre 1773, concernant le Traité des Horloges marines.

On n'a jamais rien fait en Horlogerie de plus important & de plus precieux que les Horloges marines qui donnent le tems à la mer à deux minutes près en deux mois de navigation, ou mieux encore, & par conſéquent la longitude à un demi-degré près: mais parmi les Horlogers celebres qui ſe ſont exercés dans ce genre, aucun n'avoit détaillé l'invention & les procédés des Horloges marines comme l'a fait M. Berthoud dans le grand & bel ouvrage que nous annonçons. Son *Eſſai ſur l'Horlogerie* en deux volumes in-4°, publié en 1763, (qui ſe trouve chez le même Libraire, & dans lequel il avoit donné les premiers principes & les tentatives qu'il avoit déja faites ſur les Horloges marines) avoit déja montré combien il étoit capable de rendre avec préciſion les travaux les plus délicats & les plus curieux de ſon Art, & combien il ſavoit y porter l'eſprit d'invention, d'expérience, d'obſervation & de recherches; mais ce Traité doit mettre le ſceau à ſa réputation d'Auteur, comme le ſuccès de ſes Horloges marines éprouvées déja dans trois grands voyages, lui ont mérités celle d'un des plus grands Artiſtes qu'il y ait eu.

Dans ſon introduction au Traité des Horloges marines, M. Berthoud explique la maniere dont les Horloges marines ſervent à donner la longitude en mer, & les tentatives qui ont été faites juſqu'ici pour y parvenir, par Huyghens, Maſſy, Solly, Bernoully, Harriſon &c; & les premiers eſſais qu'il a fait lui-même à compter de 1754, qu'il dépoſa ſon premier projet à l'Académie des Sciences.

L'exactitude à laquelle on doit aſpirer quant à préſent dans la conſtruction des Horloges marines, conſiſte à ne pas s'écarter de trois ſecondes par jour dans l'eſpace de ſix ſemaines, du mouvement qu'on aura obſervé en partant. Les inconvéniens auxquels il s'agit de remédier ſont l'agitation du vaiſſeau qui change les vibrations du Régulateur, les variations de la température, qui affectent conſidérablement la durée des vibrations du Régulateur, les frottemens en général, & particuliérement des pivots du Balancier, les réſiſtances variables des huiles que l'on employe pour adoucir les frottemens, les changemens dans les engrénages des roues & pignons, les changemens de force du Reſſort moteur.

Le Balancier, qui eſt la partie eſſentielle d'une Horloge marine, n'eſt point porté ſur des pivots, ni même ſur des ſoutteaux. M. B. qui avoit d'abord penſé à employer ce moyen, en rendant le Balancier vertical, s'en eſt tenu au ſeul projet; car il reconnut auſſi-tôt qu'il valoit mieux que le plan du Balancier fut parallele à l'horizon, & ſuſpendu à un Reſſort. Pour éviter même le frottement qui a lieu quand la Montre s'incline, il fait paſſer chaque pivot du Balancier entre trois roulcaux.

La force du Reſſort ſpiral diminue par la chaleur, & le diamètre du Balancier augmente, deux cauſes qui font retarder l'Horloge: pour corriger cet écart conſidérable, M. Berthoud employe un méchaniſme de compenſation dont l'effet eſt tel, que quand la chaleur affoiblit le ſpiral, ce méchaniſme accourcit le ſpiral & augmente ſa force de la quantité qu'il avoit perdue. Ce méchaniſme eſt compoſé d'un chaſſis formé en partie par des barres d'acier & en partie par des barres de cuivre: la verge de cuivre qui eſt au milieu de ce chaſſis agit ſur le talon d'un grand levier, & celui-ci fait mouvoir un rateau qui porte deux chevilles, entre leſquelles paſſe le ſpiral. Ce chaſſis, dont les barres exterieures ſont d'acier, eſt fixé par un bout à la platine du côté du ſpiral; l'autre bout a la liberté de s'étendre: mais les barres de cuivre qu'il porte ſe dilatent plus que celles d'acier; d'où il réſulte un mouvement aſſez ſenſible pour le levier, & ce mouvement eſt encore multiplié ſur le rateau. Cette invention peut s'appliquer aux Montres ordinaires, & ne peut manquer d'en diminuer beaucoup les inégalités, qui vont ſouvent à une minute par jour dans les meilleures Montres: mais pour mériter de pareilles attentions, il faudroit qu'elles fuſſent travaillées d'ailleurs avec une exactitude bien ſinguliere.

Le Moteur des premieres Horloges marines de M. B. étoit un reſſort égaliſé par une fuſée; mais il emploie actuellement des poids contenus dans des coulilles, il y a trouvé plus de ſureté & d'exactitude, parce que les Reſſorts ſont ſujets à caſſer, ils perdent de leurs forces; ils varient par la chaleur, ils exigent de l'huile, enfin ils ne ſont jamais parfaitement égaliſés avec leurs fuſées.

Les Roues de mouvement ſont toutes horizontales comme le Balancier, & afin qu'elles conſervent toujours à peu près cette ſituation, malgré le roulis & le tangage du vaiſſeau, le mouvement de l'Horloge eſt attaché à une ſuſpenſion compoſée de deux cercles mobiles, dont les pivots ſe croiſent comme dans les ſuſpenſions des Bouſſoles.

L'Echappement étant une des parties importantes d'une Horloge, M. B. s'en eſt beaucoup occupé: il a d'abord voulu employer un Echappement à détente; le Balancier fait deux vibrations pendant qu'il n'échappe qu'une dent de la Roue, c'eſt-à-dire que ſon Balancier va & revient ſur lui-même: à ſon retour la Roue échappe & reſtitue en une vibration le mouvement que le Régulateur avoit perdu en deux. La Roue d'Echappement eſt à rochet; ſon action demeure ſuſpendue (pendant que le Balancier oſcille librement) par un encre ou cliquet. Cet Echappement eſt très-ſéduiſant; mais l'Auteur craignant un peu pour la ſûreté de ſon effet, a travaillé à perfectionner l'Echappement ordinaire à Repos. Le plus grand inconvénient étant celui des frottemens du Repos, il a formé les paletes ou poſitions cylindriques avec des rubis d'orient, & a fait la Roue d'un acier très-dur. Il a réuſſi à rendre les frottemens très-petits & très-conſtans. Mais il reſte encore à cet Echappement le défaut d'exiger de l'huile: or l'huile venant à s'épaiſſir, diminue l'étendue des arcs de vibration; c'eſt pourquoi M. B. s'eſt occupé à conſtruire un autre Echappement à vibration libre, par le moyen duquel il eſpere remplir l'objet déſiré. Mais il ſe propoſe encore d'employer avec plus de ſûreté l'Echappement à rubis, de maniere que l'huile n'y ſoit pas néceſſaire.

Le Chapitre qui traite du Reſſort ſpiral contient un grand nombre d'expériences curieuſes, auxquelles l'Auteur applique des calculs & des raiſonnemens pleins de ſavoir & de juſteſſe. Si l'on a un Balancier ſimple ſans ſpiral, auquel on veuille alternativement faire décrire de grands & de petits arcs dans le même temps, il faudra que la force ou puiſſance qui doit lui donner le mouvement, change comme le quarré des arcs; pour donner cette qualité au Spiral, il ne s'agit que de le tendre plus long ou plus court, afin que la progreſſion de ſa force augmente dans le rapport néceſſaire; car un Spiral rend les grands arcs plus lents que les petits, lorſqu'il eſt fort long, & plus prompt lorſqu'il eſt plus court; ainſi il y a entre ces deux termes un point par lequel on peut arrêter le Spiral, afin que les oſcillations, grandes ou petites, ſoyent iſochrones. Ce point eſt celui où le Spiral étant mis en équilibre par des poids, aura dans ſa force la progreſſion

Digitized by Google

exactement arithmétique ; afin que les sommes de ses forces soient comme le quarré des arcs. M. B. a construit un instrument qu'il appelle *Balance élastique*, à l'aide de laquelle il connoit & mesure exactement la progression du Spiral : on en trouve la description dans son *Essai sur l'Horlogerie*. C'est en construisant sans cesse des machines ingénieuses & exactes pour toutes ses opérations, qu'il est parvenu à perfectionner toutes les parties de ses Horloges, de maniere que le succès ne dépende point de l'adresse des ouvriers ni de la perfection de la main d'œuvre, mais qu'il soit la conséquence naturelle des principes & d'une pratique éclairée.

Après avoir établi par des principes certains la théorie qui sert de base à ces machines, un grand nombre de considérations sur chacune des parties de ces Horloges, on trouve leur description detaillée avec de grandes figures qui en donnent l'intelligence complette ; ensuite les expériences faites sur chacune de ces Horloges, & même sur chacune de leurs parties ; sur l'Echappement, en variant les poids ; sur la verge de compensation, en augmentant la chaleur, &c. Les descriptions même des Horloges que l'Auteur a abandonnées, contiennent des choses curieuses, & qui méritent toutes d'être connues. Les tentatives d'un Artiste célebre, qui pendant vingt ans a tout essayé & tout combiné, forment un assemblage de faits extrêmement précieux dans les Arts : on y apprendra sur-tout quels sont les obstacles que l'on rencontreroit si l'on s'écartoit des limites que l'Auteur a posées d'après ses propres expériences.

Les deux premieres descriptions ont pour objet des Horloges marines d'un certain volume dont le Balancier est grand & fait des vibrations lentes : mais pour que ces machines pussent supporter aussi le transport dans des voitures, l'Auteur a travaillé plus en petit, & il a fait ensorte que la vitesse du Balancier & le nombre des vibrations pussent suppléer à la masse du grand Balancier, qui faisoit des vibrations plus lentes. La premiere machine de cette espece est désignée par le N° 3, c'est une Montre marine que M. B. éprouva à Brest en 1764 par ordre du Roi, & que feu M. l'Abbé Chappe avoit dans son voyage en Californie : elle a été rendue à l'Auteur le 10 Décembre 1770, par le frere de M. l'Abbé Chappe, & le 2 Mars 1771 elle fut demandée par le Ministre de la Marine, pour servir à M. le Marquis de Chabert, de l'Académie des Sciences, & Capitaine de Vaisseau, dans une campagne qu'il alloit faire dans la Méditerranée.

Le N°. 4. est une Horloge commencée en 1764 pour remédier aux défauts que l'expérience avoit fait reconnoître aux premieres.

Le N°. 5 est une Horloge marine à pendule. L'intention de l'Auteur a été de reprendre ce qui avoit été fait en 1673 par le célebre Huyghens, pour voir s'il étoit possible d'y trouver autant de précision qu'il y auroit de simplicité : deux de ces machines d'Huyghens avoient été éprouvées en mer, avec assez de succès pour donner quelques espérances sur la perfection de cette méthode. Cependant personne ne s'en étoit occupé depuis, M. B. a cru devoir l'entreprendre : il donne à la suspension du Pendule un mouvement, par lequel il prend son à-plomb sans pouvoir vibrer : ce Pendule fait 3 vibrations par seconde ; il decrit de grands arcs de cycloide : un Ressort spiral adapté à l'axe de mouvement rend les oscillations encore plus isochrones : la centre de suspension du pendule coïncide avec celui du tambour qui contient le mouvement ; & dans le milieu des platines : enfin un grand nombre d'attentions savantes, & que M. B. étoit plus en état que personne d'imaginer, lui font espérer que quand cette piece sera finie, elle pourra servir non-seulement en mer, mais encore pour déterminer les différentes longueurs du pendule à différentes latitudes terrestres.

Le N°. 6 est une Horloge marine qui fut demandée par le Ministre en 1766 pour servir à des épreuves qui devoient décider de l'usage qu'on feroit de ces machines dans la Marine, & c'est une de celles qui ont été éprouvées sur l'Isis par MM. de Fleurieu & Pingré en 1768 & 1769. Cette Horloge eut un retard de 5 sec. qui augmenta peu à peu jusqu'à 25 sec. par jour dans la cours d'une année. L'Auteur a examiné d'où provenoit ce retard qui augmentoit insensiblement, & les expériences qu'il a faites depuis le retour des Commissaires, lui ont appris quelles corrections il convenoit d'y faire à raison du changement arrivé dans les huiles, &c. Il l'a perfectionnée & l'a remise à M. l'Abbé de Rochon, de l'Académie des Sciences, & Astronome de la Marine à son départ pour les Indes.

L'Horloge N° 7 étoit faite sur les mêmes principes : elle est décrite dans le plus grand détail avec les dimensions de toutes ses piéces & des planches de toutes ses différentes parties. Ces Horloges avoient donné assez de justesse pour engager M. B. à poursuivre ce travail, mais pas assez pour le satisfaire. Il voyoit au-delà un terme éloigné, auquel on pouvoit cependant atteindre. Cette idée d'une plus grande perfection lui fit commencer le N°. 8. Cette Horloge, qui a été éprouvée en 1768 & 1769 par MM. de Fleurieu & Pingré sur la Frégate l'Isis, & enfin en 1772 sur la Frégate la Flore par MM. de Verdun & Pingré avec un succès extraordinaire. M. B. explique les changemens qu'il fit à ses méthodes dans cette nouvelle construction : il diminua le nombre des vibrations, & augmenta le diamètre du Balancier : il diminua les parties de l'axe du Balancier qui tiennent lieu de pivots : il augmenta le diamètre des Rouleaux en tenant leurs pivots plus petits, & réduisit par-là les frottemens à la plus petite expression, pendant que d'un autre côté il elevoit la puissance du Balancier autant qu'il étoit possible. Il employa un chassis de compensation plus long & plus solide : il retrancha une Roue du mouvement, perfectionna la suspension, &c. Cette Horloge, dans le cours d'une année que durerent les épreuves de 1769, changea de 14 sec. par jour peu à peu, depuis 1 jusqu'à 14, & M. B. en donne les raisons : il explique les corrections qu'il y fit avant les épreuves de 1772. Le Rapport de celle-ci a été fait à l'Académie des Sciences dans l'Assemblée publique du 21 Avril 1773, & nous expliquerons ci-après le degré de perfection que ces épreuves ont fait reconnoître dans cette Horloge N°. 8.

Le N°. 9 fut commencé par M. Berthoud en 1769, & construite sur les mêmes principes que l'Horloge précédente, mais sous un plus grand volume, le tambour ayant neuf pouces de diamètre en dedans. Le plus grand changement qu'il se proposa dans ce nouveau travail, consistoit à rendre le Régulateur beaucoup plus puissant, en augmentant le diamètre & la masse du Balancier, en diminuant le frottement par de plus grands rouleaux avec des pivots plus petits, & en diminuant aussi l'axe du Balancier. Il fit aussi la machine de compensation plus grande pour que son effet fut plus sûr. Les expériences qu'il fit sur cette piece lui prouverent de nouveau la préference que l'on devoit donner aux vibrations lentes ; mais il observe qu'en augmentant ainsi le volume de ces Horloges, elles deviennent d'une exécution trop pénible : on obtient une plus grande exactitude ; mais il seroit difficile d'en adopter l'usage dans la Marine, à cause du prix de ces ouvrages & des talens qu'ils exigent de la part des ouvriers ; ensorte que le N°. 9 même peut être regardé comme une limite qu'il sera difficile de passer.

En rassemblant toutes les considérations que l'examen & les épreuves des Horloges précédentes avoient fait naître, l'Auteur forme la description d'un N°. 10, dont l'exécution étoit presque terminée lorsqu'il a imprimé cette partie de son ouvrage : elle a un Echappement libre & à détente, comme dans le N°. 9. Le Régulateur est le même que celui de N°. 8 : le Spiral est trempé tout plié ; opération nécessaire, & dont M. B. nous donne le détail ; enfin différentes attentions ou nouvelles ou choisies dans les Horloges précédentes rendent cette description plus complette, & font comme le dernier terme de perfection auquel l'Auteur ait atteint jusqu'à présent (Mai 1773.) La clef même avec laquelle on remonte ces Horloges est nouvelle : elle est formée de deux parties mobiles l'une sur l'autre, de maniere qu'on ne sauroit avoir de résistance ni d'effet quand on tourne à contre-sens : on prévient par ce moyen des accident semblables à celui de la Montre de M. Romilly, qui fut fracassée, & à laquelle M. le Monier assure n'avoir fait d'autre chose que de tourner la clef à contre-sens : ce fut là une des raisons qui empêcherent M. Berthoud de concourir pour le prix.

Toutes les Horloges précédentes ont été exécutées avec la plus grande précision, par le moyen des instrumens & des

outils que M. B. s'eſt formés : mais il avoue que ſi tous les Artiſtes, qui voudront en exécuter, étoient obligés de faire les mêmes dépenſes pour exécuter ces machines, on trouveroit trop peu de gens qui vouluſſent s'en charger, l'uſage ne pourroit s'en établir dans la Marine marchande, où l'on a cependant beſoin comme dans la Marine Royale, de trouver les longitudes en mer. Il faut donc tenter de faire exécuter des Horloges ſans le ſecours de tant d'inſtrumens, en établiſſant bien les dimenſions de ces machines & les principes de leurs conſtructions, en faiſant enſorte qu'elles ſoient le moins dépendantes de l'extrême préciſion de l'exécution qui, dans certains cas, peut ne pas affecter ſenſiblement leur juſteſſe. Ces conſidérations ont produit l'Horloge N°. 11, dans laquelle le méchaniſme de compenſation eſt plus ſimple & moins coûteux : elle a été remiſe le 15 Mars 1773 avec le N°. 8 à MM. Meſſais & d'Agelet, Aſtronomes envoyés par le Roi avec M. Kerguelen aux Terres Auſtrales : mais l'Auteur déclare que les expériences qu'il a faites avant le départ ne lui ont pas paru ſatisfaiſantes, il n'a pu trouver un point propre à rendre la compenſation exacte pour pluſieurs termes ou degrés de température, cela vient de ce que les inflexions ou courbures de la *lame compoſée*, qui ſert pour la compenſation, n'ont pas une correſpondance exacte avec les dilatations & contractions du Balancier, & avec les changemens qui ſurviennent dans l'élaſticité du ſpiral par les diverſes températures : mais la promptitude du départ de ces deux Aſtronomes ne lui a pas permis de ſupprimer ce Compenſateur pour y ſubſtituer celui de ſes autres Horloges.

M. Berthoud donne auſſi la deſcription d'une Montre à ſecondes que l'on peut employer pour comparer l'heure de l'Horloge marine à l'heure obſervée ſur les *gaillards* ou ſur les ponts, où l'on fait les obſervations du ſoleil, & à porter l'heure au vaiſſeau quand on a obſervé à terre. Il propoſe pour ces ſortes de Montres un Echappement à ancre & à maovelle, qui eſt plus facile à exécuter que l'Echappement à cylindre, & un Compenſateur formé par une régle de cuivre & une regle d'acier qui forment un arc : la dilatation inégale de ces deux piéces rend l'arc plus ou moins convexe, & s'écarte plus ou moins de la cheville portée par le taſeau de ſpiral. Cet effet tend à accélérer ou à ralentir les vibrations du Balancier, ſelon qu'il en eſt beſoin pour la compenſation du chaud & du froid.

La troiſieme Partie de cet ouvrage eſt deſtinée à traiter de la main-d'œuvre des Horloges marines, & d'abord des inſtrumens & outils néceſſaires pour rendre l'exécution plus parfaite ; c'eſt ici une partie dans laquelle M. B. s'eſt acquis un avantage prodigieux ſur tous ceux qui voudroient ſe livrer à de ſemblables travaux. Les principaux ſont la machine à fendre, l'outil à arrondir les dents & les pignons, ceux qui ſervent à figurer & à tailler les limes & les fraiſes, à dreſſer les plans inclinés des Echappemens à cylindre, à former les engrénages, à tremper les Roues d'Echappement & les Reſſorts ſpiraux tout pliés, à faire revenir les Roues d'Echappement, à plier les Reſſorts ſpiraux, la Balance élaſtique, &c. On voit dans la compoſition de ces différens inſtrumens de M. B. l'eſprit d'invention, & la plus profonde connoiſſance de ſon art : il décrit enſuite les procédés & la main-d'œuvre d'après le travail du No. 9 qu'il rédigeoit par écrit, en même tems qu'il exécutoit : il ſe borne aux choſes dont les Artiſtes ont beſoin, en ſuppoſant qu'ils aient déjà les connoiſſances qui leur ſont néceſſaires dans les autres parties de l'Art : connoiſſances préliminaires que l'Auteur a ſuffiſamment traitées dans ſon *Eſſai ſur l'Horlogerie*.

La quatrieme Partie du Traité des Horloges marines contient le détail des épreuves & des opérations par leſquelles on peut donner aux Horloges marines toute la perfection dont elles ſont ſuſceptibles : elles conſiſtent en douze articles : faire marcher l'Horloge avec différens poids moteurs, afin de s'aſſurer ſi le ſpiral éprouvé eſt iſochrone ; régler l'Horloge par les maſſes du Balancier ; régler la quantité du moteur & ajuſter le poids ſur la plaque : faire marcher librement le Balancier, afin de connoître la durée de ſon mouvement, & juger la puiſſance du Régulateur & la réduction des frottemens : éprouver l'Horloge du chaud au froid en ſuſpendant l'effet du méchaniſme de compenſation : faire marcher l'Horloge hors de ſon tambour ſur une table ſolide ; pour connoître ſi l'étendue des arcs ne varie point en 24 heures : faire marcher l'Horloge en rendant la cage du Régulateur & du rouage inclinée, la cage du poids reſtant droite : faire marcher l'Horloge alternativement ſur ſa ſuſpenſion & ſur une table, l'éprouver par diverſes températures, afin de dreſſer la table des corrections, calculer la force du mouvement du Régulateur, pour en conclure les avantages ou défauts de l'Horloge, en la comparant à une autre machine de même eſpece dont on connoiſſe les dimenſions ; enfin s'aſſurer de la marche d'une bonne Horloge aſtronomique à pendule, à laquelle on puiſſe comparer l'Horloge marine pour la régler. Ceci ſuppoſe des obſervations aſtronomiques ; M. B. s'en eſt occupé lui-même, & il donne la deſcription de l'inſtrument qu'il a fait exécuter pour lui ſervir de quart-de-cercle & de lunette méridienne, c'eſt-à-dire pour tenir lieu des inſtrumens ordinaires, dont on peut voir la deſcription dans l'Aſtronomie de M. de la Lande, à laquelle il renvoye pour le ſurplus des détails des vérifications & des uſages. Mais il explique avec beaucoup d'exactitude & de clarté tout ce qu'il eſt néceſſaire de ſavoir pour bien régler une Horloge par le Soleil ou par les Etoiles fixes.

Cette quatrieme Partie eſt terminée par la réſultat des épreuves faites en 1771 & 1772 ſur le N°. 8. Nous avons rendu compte dans notre Journal de Janvier 1771, des épreuves de 1769, & on les trouvera dans ce Traité. Celles de 1772 ont été faites par ordre du Roi ſur la Frégate la Flore, par M. Verdun de la Crene, Lieutenant des Vaiſſeaux du Roi, conjointement avec M. le Chevalier de Borda, de l'Académie des Sciences, auſſi Lieutenant de Vaiſſeau, & M. Pingré, de la même Académie, aidés par M. Meſſais, jeune Aſtronome, Eleve de M. de la Lande, qui avoit été embarqué ſur la même Frégate. A Breſt du 16 au 26 Octobre 1771. L'Horloge marine, N°. 8, avançoit ſur le tems moyen en 24 heures de $2'' \frac{19}{100}$. A Cadix, du 22 Novembre au 10 Décembre, elle avançoit par jour de 0″, 05. Du 24 Décembre au 3 Janvier 1772, elle avançoit de 0″, 19 à Ténériffe. A Gorée, du 16 au 25 Janvier, elle avançoit de 1″, 46. Au Fort-Royal, du 17 au 26 Février, elle avançoit de 1″, 11. Au retour du Fort-Royal, du 11 Mars au 7 Avril de 0″, 50. Au Cap François, du 18 au 30, elle retardoit de 0″, 63. A Saint-Pierre, proche Terre-Neuve, du 29 Mai au 5 Juin, elle retardoit de 3″, 00. A Patrix-Fiord, elle retardoit de 4″, 72. A Copenhague, du 19 Août au 4 Septembre, elle avançoit de 0″, 51. A Breſt, du 9 au 20 Octobre, elle avançoit de 0″, 04. On voit que la plus grande différence n'a été que de ſix ſecondes par jour dans toute l'année, depuis la Zone Torride juſqu'au Cercle Polaire, exactitude ſurprenante, qui fait l'éloge le plus complet & de l'Ouvrage & de l'Auteur.

En prenant des périodes qui ſont chacune de ſix ſemaines ou environ, on trouve que l'erreur ſur la longitude conclue par cette Horloge N°. 8, a été à Cadix de 3 minutes de degré ou une lieue marine : à Ténériffe, de 6 minutes de degrés : à Gorée, 1 minute : à la Praya, 1 min. : à la Martinique, 7 min. la premiere fois, 2 min. la ſeconde ; au Cap François, 1 min. En Iſlande 8 min. A Copenhague 25 min. A Dunkerque 7 min. A Breſt, au retour du vaiſſeau, 6 min.

Le Traité, qui contient dans le plus grand détail les moyens par leſquels M. B. eſt parvenu à ce degré de perfection, eſt évidemment digne de l'empreſſement des Savans, des Artiſtes & du Public.

Ce Traité eſt terminé par un Appendice qui contient pluſieurs piéces juſtificatives relativement au travail des Horloges marines de M. Berthoud, la dépôt fait à l'Académie Royale des Sciences le 10 Novembre 1754 d'un Mémoire qui contenoit déjà la conſtruction d'une Horloge marine dont M. B. s'étoit dès-lors occupé : 2°. le Rapport de l'Académie ſur l'Horloge N°. 1, & les Mémoires dépoſés en 1760 & 1761 ſur la conſtruction de cette machine : Mémoires ſur la conſtruction d'une Horloge marine, d'une Montre marine, d'une Montre aſtronomique & d'une Horloge marine à pendule dépoſés à l'Académie le 29 Août 1764 : Mémoire lû à la rentrée publique de l'Académie.

Digitized by Google

005662039

Digitized by Google

KONSERVIERT DURCH
ÖSTERREICHISCHE FLORENZHILFE
WIEN

Digitized by Google